

---

# **ANNUAL REPORT**

of the

**Inter-American Tropical Tuna Commission**

---

---

**1995**

---

---

## **INFORME ANUAL**

de la

**Comisión Interamericana del Atún Tropical**

---

La Jolla, California  
1997

**CONTENTS—INDICE**  
**ENGLISH VERSION—VERSION EN INGLES**

	Page
INTRODUCTION.....	7
COMMISSION MEETINGS.....	8
ADMINISTRATION.....	13
Budget.....	14
Financial statement.....	14
INTER-AGENCY COOPERATION.....	14
VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS.....	15
FIELD STATIONS.....	16
PUBLICATIONS.....	17
THE FISHERY.....	17
Statistics of catches and landings.....	17
The eastern Pacific tuna fleet.....	20
Catch per ton of carrying capacity.....	21
YELLOWFIN QUOTAS.....	22
RESEARCH.....	22
Tuna-billfish Program.....	22
Tuna-dolphin Program.....	41
STATUS OF THE TUNA AND SWORDFISH STOCKS IN 1995 AND	
OUTLOOK FOR 1996.....	50
Yellowfin tuna.....	50
Skipjack tuna.....	64
Bigeye tuna.....	69
Northern bluefin tuna.....	78
Black skipjack tuna.....	86
Swordfish.....	87

---

<b>FIGURES AND TABLES—FIGURAS Y TABLAS.....</b>	<b>93</b>
---	-----------

## VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION.....	217
REUNIONES DE LA COMISION.....	218
ADMINISTRACION.....	223
Presupuesto.....	223
Informe financiero .....	223
COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES .....	223
CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA.....	225
OFICINAS REGIONALES .....	226
PUBLICACIONES .....	227
LA PESQUERIA.....	227
Estadísticas de capturas y desembarcos .....	227
La flota atunera del Pacífico oriental.....	230
Captura por tonelada de capacidad de acarreo .....	232
CUOTAS DE ALETA AMARILLA.....	232
LA INVESTIGACION.....	233
Programa Atún-picudo.....	233
Programa Atún-delfín.....	252
CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES Y PECES ESPADA EN 1995 Y PERSPECTIVAS PARA 1996.....	262
Atún aleta amarilla .....	262
Atún barrilete.....	277
Atún patudo .....	283
Atún aleta azul del norte .....	292
Atún barrilete negro .....	301
Pez espada.....	302
<b>APPENDIX 1—ANEXO 1</b>	
STAFF—PERSONAL.....	309
<b>APPENDIX 2—ANEXO 2</b>	
AMENDMENTS TO RULES OF PROCEDURE—ENMIENDAS A LAS REGLAS DE PROCEDIMIENTO.....	314
<b>APPENDIX 3—ANEXO 3</b>	
DECLARATION OF PANAMA—DECLARACION DE PANAMA .....	315
<b>APPENDIX 4—ANEXO 4</b>	
DECLARATION ON STRENGTHENING THE OBJECTIVES AND OPERATION OF THE CONVENTION ESTABLISHING THE INTER- AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—DECLARACION SOBRE EL FORTALECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS Y OPERACION DE LA CONVENCION QUE ESTABLECE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL.....	326
<b>APPENDIX 5—ANEXO 5</b>	
FINANCIAL STATEMENT—DECLARACION FINANCIERA .....	328
<b>APPENDIX 6—ANEXO 6</b>	
CONTRIBUTIONS BY IATTC STAFF MEMBERS PUBLISHED DURING 1995—CONTRIBUCIONES POR PERSONAL DE CIAT PUBLICADAS DURANTE 1995.....	333

**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION AND THEIR  
PERIODS OF SERVICE FROM ITS  
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1995**

**LOS COMISIONADOS DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL Y SUS  
PERIODOS DE SERVICIO DESDE LA FUNDACION  
EN 1950 HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1995**

**COSTA RICA**

Virgilio Aguiluz .....	1950-1965
José L. Cardona-Cooper .....	1950-1979
Victor Nigro .....	1950-1969
Fernando Flores B. ....	1958-1977
Milton H. López G. ....	1965-1977
Eduardo Beeche T. ....	1969-1971
Francisco Terán Valls .....	1971-1977
Manuel Freer .....	1977-1979
Gabriela Myers .....	1977-1979
Rodolfo Sáenz O. ....	1977-1979
Manuel Freer Jimenez .....	1989-1990
Carlos P. Vargas .....	1989-1990
Stewart Heigold Stuart .....	1990
Herbert Nanne Echandi .....	1990-1994
Jaime Basadre Oreamuno .....	1994-
Luis Paris Chaverri .....	1994-
Alvaro Moreno Gomez .....	1994-

**UNITED STATES OF AMERICA**

Eugene D. Bennett .....	1950-1968 <sup>1</sup>
Milton C. James .....	1950-1951
Lee F. Payne .....	1950-1961 <sup>2</sup>
Gordon W. Sloan .....	1951-1957
John L. Kask .....	1952
John L. Farley .....	1953-1956
Arnie J. Suomela .....	1957-1959
Robert L. Jones .....	1958-1965 <sup>3</sup>
J. Laurence McHugh .....	1960-1970
John G. Driscoll, Jr. ....	1962-1975 <sup>4</sup>
William H. Holmstrom .....	1966-1973
Donald P. Loker .....	1969-1976
William M. Terry .....	1970-1973 <sup>5</sup>
Robert C. Macdonald .....	1973-1994
Steven E. Schanes .....	1973-1974
Wilvan G. Van Campen .....	1974-1976
Jack Gorby .....	1975-1992
Glen H. Copeland .....	1976-1977
Wymberley Coerr .....	1977-1988
Henry R. Beasley .....	1986-1994
Mary L. Walker .....	1988-1994
Jack Bowland .....	1992
Barbara H. Britten .....	1994-
M. Austin Forman .....	1994-
James T. McCarthy .....	1994-
Michael F. Tillman .....	1994-

**PANAMA**

Miguel A. Corro .....	1953-1957
Domingo A. Díaz .....	1953-1957
Walter Myers, Jr. ....	1953-1957
Richard Eisenmann .....	1958-1960
Gabriel Galindo .....	1958-1960
Juan L. de Obarrio .....	1958-1980
Harmodio Arias, Jr. ....	1961-1962
Roberto Novey .....	1961-1962
Carlos A. López Guevara .....	1962-1974
Dora de Lanzner .....	1963-1972
Camilo Quintero .....	1963-1972
Arquimedes Franqueza .....	1972-1974
Federico Humbert, Jr. ....	1972-1974
Carolina T. de Mouritzen .....	1974-1985
Jaime Valdez .....	1974-1985
Carlos Arellano L. ....	1980-1983
Luis E. Rodríguez .....	1980-1984
Armando Martínez Valdés .....	1984-1988
Carlos E. Icaza E. ....	1985-1988
Daiva H. Arosemena M. ....	1988-1990
Jesús A. Correa G. ....	1989-1994

Jorge Lymberopulos .....	1989
Roy E. Cardoze .....	1990-1994
Carlos E. Icaza E. ....	1990-1991
José Antonio Icaza .....	1990-1991
Jorge Lymberopulos .....	1991-1994
Juan Antonio Varela .....	1991-1994
José Donoso .....	1994-1995
Ricardo A. Martáns .....	1994-
José A. Troyano .....	1994-
Armando Martínez Valdés .....	1995-

**ECUADOR**

Pedro José Arteta .....	1961-1962
Eduardo Burneo .....	1961-1965
Enrique Ponce y Cabro .....	1961-1963
César Raza .....	1961-1962
Francisco Baquerizo .....	1963
Héctor A. Chiriboga .....	1963-1966
Vicente Tamariz A. ....	1964-1965
Luis Pareja P. ....	1966-1968
Vinicio Reyes E. ....	1966-1968
Wilson Vela H. ....	1966-1968

**MEXICO**

Mauro Cárdenas F. ....	1964-1968
Hector Chapa Saldaña .....	1964-1968
Rodolfo Ramírez G. ....	1964-1966
Maria Emilia Téllez B. ....	1964-1971
Juan Luis Cifuentes L. ....	1967-1970
Alejandro Cervantes D. ....	1968-1978
Amin Zarur M. ....	1968-1970
Arturo Díaz R. ....	1970-1978
Joaquín Mercado F. ....	1970-1977
Pedro Mercado S. ....	1970-1975
Fernando Castro y Castro .....	1975-1977

**CANADA**

Emerson Gennis .....	1968-1969
Alfred W. H. Needler .....	1968-1972
E. Blyth Young .....	1968-1980
Leo E. Labrosse .....	1970-1972
Robert L. Payne .....	1970-1974
S. Noel Tibbo .....	1970-1977
G. Ernest Waring .....	1970-1976
James S. Beckett .....	1977-1984
Michael Hunter .....	1981-1984

**JAPAN**

Shoichi Masuda .....	1971-1985
Tomonari Matsushita .....	1971-1973
Fumihiko Suzuki .....	1971-1972
Seiya Nishida .....	1972-1974
Kunio Yonezawa .....	1973-1979
Harunori Kaya .....	1974-1976
Michio Mizoguchi .....	1976-1977
Michihiko Junihiro .....	1979-1980
Tatsuo Saito .....	1979-1983
Toshio Isogai .....	1980-1983
Susumu Akiyama .....	1984-1986
Ryuichi Tanabe .....	1984-1985
Satoshi Moriya .....	1985-1987
Yamato Ueda .....	1985-
Takehisa Nogami .....	1986-1989
Kazuo Shima .....	1987-1989
Kouji Imamura .....	1989-1992
Shigenobu Kato .....	1989-1991
Koichiro Seki .....	1991-1994
Masahiro Ishikawa .....	1992-1994
Kenro Iino .....	1994-
Minoru Morimoto .....	1994-



#### FRANCE

Serge Garache.....	1973-1983
Robert Letaconnoux .....	1973-1983
Rene Thibaudau .....	1976-1977
Maurice Fourneyron.....	1980-1987
Dominique Piney .....	1984-1989
Daniel Silvestre .....	1990-1991
Jean François Gilon.....	1992
Patrice Corlier.....	1993
Phillipe Peronne.....	1994-
Jean-Paul Rivaud.....	1994-1995

#### NICARAGUA

Gilberto Bergman Padilla .....	1973-1977
Antonio Flores Arana .....	1973-1976
José B. Godoy M .....	1976-1980
Octavio Gutiérrez D. ....	1977-1980
Silvio Campos M.....	1977-1980
Jamil Urroz E.....	1977-1985
Abelino Aróstegui Valladares.....	1985-1988
Sergio Martínez Casco.....	1988-

#### VANUATU

Richard Carpenter.....	1991-1994
Dorosday Kenneth.....	1991-1995
Julian Ala.....	1995-

#### VENEZUELA

Francisco Herrera Terán.....	1992-1994
Carlos Giménez.....	1994-1995
Roberto Ortisi.....	1994-
Jean-François Pulvenis.....	1994-
Alfredo Zuloaga.....	1994
Miriam R. de De Venanzi.....	1995-
Hugo Alsina Lagos.....	1995-

- 1 Deceased in service December 18, 1968
- 1 Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968
- 2 Deceased in service April 10, 1961
- 2 Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961
- 3 Deceased in service April 26, 1965
- 3 Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965
- 4 Deceased in service October 16, 1975
- 4 Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975
- 5 Deceased in service May 5, 1973
- 5 Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973



## **ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1995**

### **INTRODUCTION**

The Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) operates under the authority and direction of a convention originally entered into by Costa Rica and the United States. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas and tuna-like species in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, Mexico in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, France and Nicaragua in 1973, Vanuatu in 1990, and Venezuela in 1992. Ecuador withdrew from the IATTC in 1968, Mexico in 1978, and Canada in 1984.

The IATTC fulfills its responsibilities with two programs, the Tuna-Billfish Program and the Tuna-Dolphin Program. The principal responsibilities of the Tuna-Billfish Program are (1) to study the biology of the tunas and tuna-like species of the eastern Pacific Ocean to estimate the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (2) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches. The principal responsibilities of the Tuna-Dolphin Program are (1) to monitor the abundance of dolphins and their mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners fishing in the eastern Pacific Ocean, (2) to analyze these data and make appropriate recommendations for the conservation of dolphins, (3) to study the causes of mortality of dolphins during fishing operations and encourage fishermen to adopt fishing techniques which minimize the mortalities of dolphins, and (4) to study the effects of different modes of fishing on the various fish and other animals of the pelagic ecosystem.

To carry out these missions, the IATTC conducts a wide variety of investigations at sea, in ports where tunas are landed, and in its laboratories. The research is carried out by a permanent, internationally-recruited research and support staff (Appendix 1) selected by the Director, who is directly responsible to the Commission.

The scientific program is now in its 45th year. The results of the IATTC staff's research are published in the IATTC's Bulletin series in English and Spanish, its two official languages, in its Special Report series, and in books, outside scientific journals, and trade journals. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in the IATTC's Annual Reports, also in the two languages.

## COMMISSION MEETINGS

The convention of the IATTC requires that it meet at least once each year. In addition, intergovernmental meetings (IGMs), involving representatives of member governments and non-member governments which are interested in the fisheries for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean, are nearly always held in conjunction with the IATTC meetings. Two permanent working groups, the International Review Panel (IRP) and the Scientific Advisory Board (SAB), were established by the Agreement for the Conservation of Dolphins adopted at the 24th IGM, held in June 1992. (That agreement is reproduced as Appendix 2 of the IATTC Annual Report for 1992.) The proceedings of the IATTC, IRP, and intergovernmental meetings held in 1995 are summarized in this section.

### FIFTY-FIFTH MEETING OF THE IATTC

The IATTC held its 55th meeting in La Jolla, California, USA, on June 13-15, 1995. Mr. Brian Hallman of the United States served as Chairman. Representatives of six member governments attended the meeting, as did observers from Colombia, Ecuador, Mexico, the Seychelles, Spain, Taiwan, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, the International Whaling Commission, the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), the Asociación Empresarial Pesquera de América Latina (ALEP), the Center for Marine Conservation, the Earth Island Institute, the Fundación para la Defensa del la Naturaleza (FUDENA), Greenpeace International, the Humane Society International, the Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio, The Fishermen's Coalition, the Whale and Dolphin Conservation Society, and the World Wildlife Fund.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the meeting
2. Adoption of agenda
3. Review of current tuna research
4. The 1994 fishing year
5. Status of tuna stocks
6. Review of tuna-dolphin research and extension programs
7. Review of International Dolphin Conservation Program
8. Recommendations for 1995
9. Recommended research program and budget for FY 1996-1997
10. Place and date of next meeting
11. Election of officers
12. Other business
13. Adjournment

The Commission staff recommended a yellowfin catch quota of 235,000 short tons in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA; Figure 1) during 1995, with the option to increase this limit, at the discretion of the Director, by up to three increments of 20,000 tons each. The rationale for this recommendation is given in the section of the IATTC Annual Report for 1994 entitled **STATUS OF THE TUNA AND SWORDFISH STOCKS IN 1995 AND OUT-LOOK FOR 1996**.

The Commission meeting was temporarily adjourned on June 14, 1995, and the 29th IGM, involving all the national representatives at the Commission meeting, as either participants or observers, was convened on that date. The principal purpose of this meeting was to discuss and

take action on several matters which had been discussed at the meeting of the IRP which had taken place on June 10-12, 1995. The following sentence was added to the end of Paragraph 5 of the Agreement for the Conservation of Dolphins: "The Director of the IATTC, after consultation with and agreement by the voting members of the Review Panel, may also use information on the fleet's projected annual dolphin mortality to provide second half DMLs [Dolphin Mortality Limits] if this use is reasonably expected not to cause the overall fleet quota for that year to be exceeded."

The Commission meeting was reconvened on June 15, and the following actions were taken:

(1) A draft resolution prepared by the IATTC staff regarding the conservation of yellowfin was approved. This resolution reads as follows:

*The Inter-American Tropical Tuna Commission*, having responsibility for the scientific study of the tunas and tuna-like fishes of the eastern Pacific Ocean, and for the formulation of recommendations to the High Contracting Parties with regard to these resources, and having maintained since 1950 a continuing scientific program directed toward the study of those resources,

*Notes* that the yellowfin tuna resource of the eastern Pacific supports one of the most important surface fisheries for tunas in the world, and

*Recognizes*, based on past experience in the fishery, that the potential production from the resource can be reduced by excessive fishing effort, and

*Recalls* that from 1966 through 1979 the implementation of a successful conservation program maintained the yellowfin stock at high levels of abundance, and

*Notes* that from 1980 through 1994, excepting 1987, although no conservation programs were implemented, conservation measures were recommended to the Commissioners by the scientific staff, and in turn such measures were approved by the Commissioners for recommendation to their respective governments, and

*Observes* that, although the stock of yellowfin is currently at a level of abundance greater than the optimum, nevertheless it can be over-exploited,

*Concludes* that, if conditions warrant, a limitation on the catch of yellowfin tuna should be implemented during 1995.

*The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the High Contracting Parties* that a quota of 235,000 short tons be established for the 1995 calendar year on the total catch of yellowfin tuna from the CYRA (as defined in the resolution adopted by the Commission on May 17, 1962), and that the Director should be authorized to increase this limit by no more than three successive increments of 20,000 short tons each if he concludes from examination of available data that such increases will pose no substantial danger to the stocks, and

*Finally recommends* that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1995.

(2) The Commission agreed to a proposed budget of \$4,998,170 for the 1996-1997 fiscal year.

(3) The Commission agreed that a special meeting would be held in October 1995 in Panama, RP, in conjunction with an IGM which would be held to discuss revision of the overall DML for 1996. It was further agreed that its next regular meeting would be held in San Jose, Costa Rica, in June 1996.

(4) The Commission agreed that a representative of Panama, to be named later, will serve as Chairman of the October meeting and that a representative of Costa Rica, also to be named later, will serve as Chairman for the June meeting.

### FIFTY-SIXTH MEETING OF THE IATTC

The IATTC held its 56th meeting in Panama, RP, on October 3, 1995. Lic. Nitzia R. de Villarreal served as Chairwoman. Representatives of seven member governments, Costa Rica, France, Japan, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela, attended the meeting, as did observers from Belize, Colombia, Ecuador, Honduras, Mexico, Spain, OLDEPESCA, ALEP, the Center for Marine Conservation, the Environmental Defense Fund, Greenpeace International, the Humane Society International, the Whale and Dolphin Conservation Society, and the World Wildlife Fund.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the meeting
2. Adoption of agenda
3. Review of 1995 fishing year to date
4. Review of the International Dolphin Conservation Program to date
5. Other business
6. Adjournment

The principal purpose of the IATTC meeting was to provide the latest information on the International Dolphin Conservation Program to the representatives of the member and observer nations to enable them to make rational decisions regarding various aspects of this program at the IGM which was to follow.

The IATTC meeting was followed, on October 3-4, 1995, by the 30th IGM, involving all the national representatives at the IATTC meeting as either participants or observers. It was agreed that bycatch issues would be addressed, and that this would be done by the SAB, rather than by an *ad hoc* working group. Also, it was agreed that the IATTC would adopt a policy on living accommodations similar to that required by Mexican law, and that the Director of the IATTC would, after giving adequate notice to vessel owners, refuse to place observers on vessels which do not comply with this policy. It was agreed to urge the governments to increase their efforts to fund research into ways to reduce dolphin mortality. In addition, agreement was reached concerning procedures for the IRP for dealing with "special-problem" sets (sets during which, due to unusual conditions, large numbers of dolphins are killed), but it was also noted that these procedures would be reviewed at the next meeting of the IRP. The Rules of Procedure of the IRP (IATTC Annual Report for 1992: 18-21; subsequently amended at the 26th IGM) were amended in regard to numbers of representatives who can attend IRP meetings and attendance of observers at those meetings (Appendix 2). Also, it noted that representation of governments on the IRP had increased, while that of the tuna industry and non-governmental environmental organizations had not, and that this reduced the effectiveness of the non-governmental members. Accordingly, it was agreed that the situation in regard to number of representatives and their geographical distribution would be analyzed as soon as possible. In addition, it was agreed that the deadline for applications for DMLs would be extended until December 1, 1995. Finally, two important declarations were approved, the Declaration of Panama (Appendix 3), signed by representatives of Belize, Colombia, Costa Rica, Ecuador, France, Honduras, Mexico, Panama, Spain, the United States, Vanuatu, and Venezuela, and the Declaration on Strengthening the Objectives and Operation of the Convention Establishing the Inter-American Tropical Tuna Commission (Appendix 4), signed by representatives of Belize, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Honduras, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

### **EIGHTH MEETING OF THE INTERNATIONAL REVIEW PANEL**

The eighth meeting of the IRP was held in Ensenada, Mexico, on January 23-24, 1995. Lic. Carlos Camacho Gaos of Mexico presided at the meeting, which was attended by representatives of Colombia, Mexico, the United States, Venezuela, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera of Mexico, and FUDENA. Staff members of Mexico's national program, the Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD), provided organizational support.

The agenda consisted of the following items:

1. Opening of Meeting
2. Election of Presider
3. Approval of Agenda
4. Approval of minutes of 7th Meeting of IRP
5. Review of DML assignments for 1995
  - a) Annual DMLs
  - b) 2nd semester DMLs
6. Proposed procedures for dealing with special problem sets
7. Definition of a fishing captain
8. Research fishing and dolphin mortality
9. Rules for attendance of observers
10. Review of compliance with IDCP
  - a) Governments' responses to reported infractions
  - b) Other matters related to compliance
11. Review of observer data
12. Place and date of next meeting
13. Other business
14. Adjournment

A review of the decisions and actions taken by the IRP at this meeting, and at its ninth and tenth meetings, is presented in the subsection entitled ***The International Dolphin Conservation Program.***

### **NINTH MEETING OF THE INTERNATIONAL REVIEW PANEL**

The ninth meeting of the IRP was held in La Jolla, California, USA, on June 11-12, 1995. Ms. Hilda Diaz-Soltero of the United States presided at the meeting, which was attended by representatives of Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, the United States, Venezuela, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera of Mexico, FUDENA, Greenpeace International, and the Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio.

The agenda consisted of the following items:

1. Opening of Meeting
2. Election of Presider
3. Approval of agenda
4. Approval of minutes of 8th Meeting of IRP
5. Review of DML assignments for 1995:
  - a) Progress regarding annual DMLs
  - b) Second-semester DMLs
6. Review of observer data

7. Proposed procedures for dealing with special problem sets
8. Problems with living accommodations for observers aboard vessels
9. Research to reduce dolphin mortality:
  - a) Types of research to be performed
  - b) Mechanisms to fund such research
10. Estimates of the quantities of juvenile tunas discarded in the fishery
11. Review of compliance with the IDCP:
  - a) Time intervals between setting the net and end of backdown
  - b) Letters to fishermen
  - c) Options for actions against nations not in compliance with the Agreement
  - d) 1994 Annual Report
12. Approval of modified Rules of Procedure
13. Place and date of next meeting
14. Other business
15. Adjournment

As previously mentioned, a review of the decisions and actions taken by the IRP at this meeting, and at its eighth and tenth meetings, is presented in the subsection entitled ***The International Dolphin Conservation Program***.

#### **TENTH MEETING OF THE INTERNATIONAL REVIEW PANEL**

The 10th meeting of the IRP was held in Panama, RP, on October 1-2, 1995. Lic. Carlos Camacho Gaos of Mexico presided at the meeting, which was attended by representatives of Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, Venezuela, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera of Mexico, and Greenpeace International.

The agenda consisted of the following items:

1. Opening of the meeting
2. Election of Presider
3. Approval of Agenda
4. Approval of minutes of the 9th Meeting of the IRP
5. Review of observer data
6. Proposed procedures for dealing with special problem sets
7. Problems with living accommodations for observers aboard vessels
8. Research to reduce dolphin mortality:
  - a) Types of research to be performed
  - b) Mechanisms to fund such research
9. Estimates of the quantities of discards in the fishery
  - a) Peer review report
  - b) Juvenile tuna
  - c) Other species
10. Review of compliance with the IDCP:
  - a) Options for reducing the incidence of night sets
  - b) Letters to fishermen
  - c) Options for actions against nations not in compliance with the Agreement, (discussion of U.S. working document)



11. Dolphin Mortality Limits:
  - a) Review of 1995 DMLs to date
  - b) DMLs for 1996
12. Approval of modified Rules of Procedure
13. Place and date of next meeting
14. Other business
15. Adjournment

As previously mentioned, a review of the decisions and actions taken by the IRP at this meeting, and at its eighth and ninth meetings, is presented in the subsection entitled ***The International Dolphin Conservation Program.***

## ADMINISTRATION

### BUDGET

At its 51st meeting, held at Port Vila, Vanuatu, on June 8-10, 1993, the Commission unanimously approved the budget for the 1994-1995 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$4,865,250. (Also, at its 50th meeting, held in June 1992, the Commission had approved a supplemental budget of \$4,520,000 for activities relating to the Tuna-Dolphin Program which would be spent during the 1993-1994 and 1994-1995 fiscal years.) However, the final amount received from the member nations during the 1994-1995 fiscal year was \$3,227,025, a shortfall of \$1,638,225 relative to the amount which was recommended and approved for the regular budget. As a consequence, some planned research had to be curtailed.

### FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for the 1994-1995 fiscal year were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report are shown in Appendix 5 of this report.

## INTER-AGENCY COOPERATION

During 1995 the scientific staff of the IATTC continued to maintain close contact with university, governmental, and private research organizations and institutions on the local, national, and international level. This contact enabled the staff to keep abreast of the rapid advances and developments taking place in fisheries and oceanography research throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The IATTC's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography (SIO), University of California, La Jolla, California, USA, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for federal and state agencies involved in fisheries, oceanography, and related sciences. This situation provides the staff with an excellent opportunity to maintain frequent contact with scientists of those organizations. Drs. James Joseph and Richard B. Deriso are members of the faculty of SIO, and Dr. Deriso taught a course and supervised the research of some students at that institution during 1995. Mr. Michael G. Hinton and Ms. Cleridy E. Lennert were registered as graduate students at SIO during 1995.

Drs. Joseph and Deriso also serve as members of the faculty of the University of Washington, Seattle, Washington, USA, and Dr. Joseph is also a member of the faculty of the Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Mexico. Dr. Martín A. Hall serves as a member of the faculty of the University of British Columbia, Vancouver, B.C., Canada. Drs.

Deriso, Hall, Pablo R. Arenas, and Robert J. Olson served on committees which supervised the research of graduate students at various universities during 1995.

The cordial and productive relationships which the IATTC has enjoyed with the Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), the Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna (CCSBT), the South Pacific Commission (SPC), and other international organizations have continued for many years. Mr. Alejandro A. Anganuzzi was granted a 1-year leave of absence, beginning August 19, 1995, to coordinate the work of the Indo-Pacific Tuna Development and Management Programme (IPTP) in Colombo, Sri Lanka. (The IPTP is affiliated with FAO.) Drs. Richard B. Deriso, William H. Bayliff, and Alexander Wild served as members of the FAO Expert Consultation on Interactions of Pacific Ocean Tuna Fisheries, sponsored by FAO, during 1995. To help achieve the objectives of this program, FAO has provided funding for two computer simulation studies which are being conducted by the IATTC staff. Dr. Deriso served as an advisor for the CCSBT. Dr. Pablo R. Arenas assisted with the coordination of a research program involving the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), the California Department of Fish and Game, and several research and management agencies in Mexico. The object of the program is to determine the population size and reproductive status of the California sardine, which inhabits waters off California and Baja California.

Also during 1995, the IATTC staff maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, and with similar institutions in many non-member countries in various parts of the world. Dr. James Joseph was a member of the Committee on Fisheries of the Ocean Studies Board of the U.S. National Academy of Sciences, Dr. Richard B. Deriso was co-chairman of the Committee on Fish Stock Assessment Methods of the National Research Council of the United States, a member of the Scientific and Statistical Committee of the Western Pacific Fishery Management Council of the United States, and a member of the Review Committee for California Sea Grant, Dr. William H. Bayliff and Mr. Patrick K. Tomlinson were members of the editorial board of *Investigaciones Marinas CICIMAR*, published by the Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Mexico, and Dr. Ashley J. Mullen was Associate Editor of *Natural Resource Modeling*, a journal published by the Rocky Mountain Mathematics Consortium in association with the Resource Modeling Association. Mr. Felipe Galván-Magaña of CICIMAR and Dr. Robert J. Olson of the IATTC were conducting a joint study of the trophic interactions of yellowfin tuna, dolphins, and associated predators in the eastern Pacific Ocean. This work is described in the subsection of this report entitled ***Trophic interactions of yellowfin tuna, dolphins, and associated predators.***

Since 1977 the IATTC staff has been training observers for placement aboard tuna vessels to collect data on abundance, mortality, and other aspects of the biology of dolphins. In addition, these observers have collected stomach contents and samples of gonads and other tissues of yellowfin tuna, recorded data on the incidental catches of species other than tunas and dolphins, recorded information on floating objects and the fauna and flora associated with them, etc. Government organizations, educational institutions, and industry representatives from the various countries involved have cooperated fully in the training and placement of these observers. Data collected by the observer programs of Mexico and the United States were furnished to the IATTC staff for analysis.

Over the years, scientists and students from many countries have spent several weeks or months at the IATTC's headquarters in La Jolla and at its Achotines Laboratory learning new research methods and conducting research utilizing IATTC facilities and data. The visitors

whose stays amounted to 2 weeks or more are listed in the section entitled **VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS**. Also, IATTC scientists have often rendered assistance with research on fisheries for tunas and other species to scientists of other countries while on duty travel to those countries, and occasionally have travelled to other countries for the specific purpose of assisting with their research programs. Mr. Alejandro A. Anganuzzi taught a course on application of spatial statistics to ecology at the Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Mexico, and Mr. Patrick K. Tomlinson taught a course on fisheries management at CICIMAR, La Paz, Mexico, during 1995.

The establishment by the IATTC of a research facility at Achotines, Panama, described in the section entitled **FIELD STATIONS**, gave the staff the opportunity to work more closely with Panamanian fisheries personnel. IATTC personnel have assisted local scientists in the implementation of research projects on species other than tunas, *e.g.* snappers, discussed in the section entitled ***Snapper resource studies***.

Late in 1993, an agreement was reached by the Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) of Japan, the government of the Republic of Panama, and the IATTC to undertake a joint five-year project, funded mostly by the OFCF, at the Achotines Laboratory. The project, which entered its initial stage in 1994, encompasses research on the feasibility of culturing adult yellowfin tuna, snappers (Lutjanidae), and corvina-like fishes (Sciaenidae) to supply larvae for research, and the production of food organisms for their larvae and juveniles.

Over the years, IATTC employees have collected tissue samples of tunas and billfishes for use in genetic studies conducted by scientists of other organizations. In 1995 samples of tissues of bigeye tuna and sailfish were collected for the Division of Fisheries, Commonwealth Scientific and Industrial Organization, Hobart, Australia, and the Virginia Institute of Marine Sciences (VIMS), College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia, USA. (The IATTC also contributes financial support to some of the studies being conducted at VIMS.)

### VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS

Dr. Alain Fonteneau, an employee of the Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) of France, stationed at the Centre de Recherches Océanographiques de Dakar, Senegal, spent all of 1995 at the IATTC headquarters in La Jolla, carrying out a comparative study of the important biological parameters of the tropical tunas of various parts of the world.

Dr. Laurent Dagorn, an employee of ORSTOM, spent most of 1995 at the IATTC headquarters in La Jolla, where he worked on (1) a review of quantitative methods used in the interpretation of genetic data and (2) a study of the variability of tuna schools and the relationship of that variability to environmental conditions.

Mr. Evgeny V. Romanov of the Southern Scientific Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Kerch, Ukraine, spent part of May at the IATTC headquarters in La Jolla, where he learned about the IATTC research program and increased his knowledge about tuna research in general.

In May Mr. Koji Uosaki of the National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japan, began a 1-year stay at the IATTC's headquarters, where he worked with IATTC staff members on an analysis of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean during the 1988-1992 period and on various other aspects of bigeye tuna and billfish biology.

Mr. Jason Mubarak, a graduate student at Duke University, Durham, North Carolina, USA, spent most of July and August at the IATTC headquarters in La Jolla, where he worked on the ecological effects of bycatch in the tuna purse-seine fishery.

Mr. Rafael Solano, a Ph.D. candidate at the Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Mexico, also spent most of July and August at the IATTC headquarters in La Jolla, where he was assisted with his research on the delimitation of ecologically-based spatial strata in the eastern Pacific Ocean by members of the IATTC staff.

Mr. Anthony Chatwin, a Ph.D. candidate at the Universidade de São Paulo, Brazil, spent most of the second half of 1995 in La Jolla, where IATTC staff members assisted him with his research on the reproductive biology and age determination of bullet tuna, *Auxis rochei*, and little tunny, *Euthynnus alletteratus*, off Brazil.

Dr. Kathryn Dickson of California State University at Fullerton spent 5 months at the Achotines Laboratory, where she worked on respirometry of tunas.

Messrs. Peter Nelson and Philip Estes of Northern Arizona University spent most of July and August at the Achotines Laboratory. Their activities there are described in the subsection entitled ***Recruitment of fish to fish-aggregating devices (FADs)***.

Dr. Tadahisa Seikai, Director of the Fisheries Research Station of Kyoto University, spent the period of November 7-24, 1995, at the Achotines Laboratory. His activities are described in the subsection entitled ***Joint OFCF-Panama-IATTC project***.

Ms. Gisela Heckel and Ms. Yolanda Schramm, graduate students at Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Mexico, spent most of October, November, and December in La Jolla, working with the staff of the IATTC's Tuna-Dolphin Program. Their research is focused on the adaptive behavioral responses by dolphins to chasing and encirclement.

## FIELD STATIONS

The IATTC maintains field offices in Manta, Ecuador; Ensenada and Mazatlán, Mexico; Panama, Republic of Panama; Mayaguez, Puerto Rico, USA; and Cumaná, Venezuela. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings statistics, abstract the logbooks of tuna vessels to obtain catch and effort data, measure fish and collect other biological data, and assist with the training and placement of observers aboard vessels participating in the IATTC's Tuna-Dolphin Program. This work is carried out not only in the above-named ports, but also in other ports in Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Panama, Peru, Puerto Rico, and Venezuela, which were visited regularly by IATTC employees.

In addition, the IATTC maintains a laboratory at Achotines Bay, just west of Punta Mala on the Azuero Peninsula of Panama. The Achotines Laboratory is used principally for studies of the early life history of tunas. Such studies are of great importance, as acquisition of knowledge of the life history of tunas prior to recruitment into the fishery would reduce the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The enlargement of the laboratory facilities to accommodate the previously-described project involving the Overseas Fishery Cooperation Foundation of Japan, the government of Panama, and the IATTC was nearly completed during 1995. When that work is finished, there will be more space for investigators from other agencies, such as Panama's Dirección General de Recursos Marinos and the University of Panama.

## PUBLICATIONS

The prompt and complete publication of research results is one of the most important elements of the IATTC's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community, and the public at large are currently informed of the research findings of the IATTC staff. The publication of basic data, methods of analysis, and conclusions afford the opportunity for critical review by other scientists, ensuring the soundness of the conclusions reached by the IATTC staff and enlisting the interest of other scientists in the IATTC's research. By the end of 1995 IATTC staff members had published 138 Bulletins, 44 Annual Reports, 8 Special Reports, 8 Data Reports, 8 books, and 444 chapters, papers, and articles in books and outside journals. The contributions by staff members published during 1995 are listed in Appendix 6 of this report.

## THE FISHERY

### STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS

The IATTC staff is concerned principally with the eastern Pacific Ocean (EPO), currently defined, for purposes of catch and effort statistics, as the area between the mainland of North, Central, and South America and 150°W.

Statistical data from the IATTC's field stations are continuously being collected and processed. As a result, estimates of fisheries statistics with varying degrees of accuracy and precision are available. Because it may require a year or more to obtain some final information, and because the staff has been updating the data for earlier years, the annual statistics reported here are the most current, and supersede earlier reported statistics. The weights of fish caught are reported in short tons.

Annual estimates of the catches of the various species of tunas and other fishes landed by vessels of the EPO fleet which fish for tunas with surface gear (see next section) are shown in Table 1. The sub-surface (longline) catches of yellowfin (*Thunnus albacares*), bigeye (*T. obesus*), and bluefin (*T. thynnus*) in the EPO are shown in Tables 20, 21, and 33, respectively. The catch data for skipjack (*Katsuwonus pelamis*) are essentially complete except for insignificant catches made by the longline, recreational, and artisanal fisheries. Recreational catches landed in California are included in the landings. In the case of bluefin, these landings have become an increasingly important component of the catch in recent years (Table 33). The western Pacific and Atlantic Ocean catch data in Table 1 are not total catch estimates for those waters because data for vessels which had not fished in the EPO during the year in question are not included.

There were no restrictions on fishing for tunas in the EPO during the 1980-1994 period, although regulations placed on purse-seine vessels directing their effort at tunas associated with dolphins have probably affected the way certain of these vessels operated, especially during the late 1980s and early 1990s. Studies which may provide measures of this effect are currently in progress, but useful results are not yet available, so the statistics for 1995 are compared to those for 1980-1994. During this period, there was a major El Niño event which began in mid-1982 and persisted until late 1983. The catch rates in the EPO were low during the El Niño episode, which caused a shift of fishing effort from the eastern to the western Pacific, and the fishing effort remained relatively low during 1984-1986.

The average annual catch of yellowfin in the CYRA during the 1980-1994 period was 210.4 thousand tons (range: 90.4 to 294.6). The preliminary estimate of the 1995 yellowfin catch in the CYRA is about 216.6 thousand tons. During the 1980-1994 period, the annual yellowfin catch

from the area between the CYRA boundary and 150°W averaged 27.0 thousand tons (range: 13.5 to 51.8). The preliminary estimate of the yellowfin catch from this area for 1995 is about 31.0 thousand tons. The estimated 1995 yellowfin catch from the EPO, about 247.6 thousand tons, is well below the maximum of 319.0 thousand tons taken in 1989, but not significantly different from the 1980-1994 average of 238.3 thousand tons.

During the 1980-1994 period, the annual catch of skipjack in the EPO averaged 88.3 thousand tons (range: 54.5 to 143.8). The preliminary estimate of the skipjack catch in the EPO in 1995, about 144.8 thousand tons, was slightly greater than the previous maximum for the 1980-1994 period, 143.8 thousand tons in 1980.

While yellowfin and skipjack comprise the most significant portion of the catch made in the EPO, bigeye, bluefin, albacore (*Thunnus alalunga*), black skipjack (*Euthynnus lineatus*), bonito (*Sarda orientalis*), and other species contribute to the overall harvest in this area. The total catch of these other species in the EPO was about 49.3 thousand tons in 1995, as compared to the 1980-1994 average of 17.8 thousand tons (range: 8.2 to 43.4). The record-high catch of species other than yellowfin and skipjack was due to a record-high catch of about 36.5 thousand tons of bigeye, and reflects a continuation of the practice of directing effort toward bigeye associated with floating objects (see below).

The average annual distribution of logged catches of yellowfin by purse seiners in the EPO during the 1980-1994 period is shown in Figure 2, and a preliminary estimate for 1995 is shown in Figure 3. As fishing conditions change throughout the year, the areas of greatest catches vary. The catch of yellowfin during the first quarter of 1995 was generally restricted to regions inside the CYRA, primarily in nearshore areas along the coast of North and Central America, in the vicinity of the Costa Rica Dome (off Central America), and along the Inter-Tropical Convergence Zone, running roughly parallel to the equator between 10°N and 15°N. In addition, good fishing occurred in the southern hemisphere between about 10°S and 18°S from about 80°W to 90°W. During the second quarter, catches continued to be made nearshore, with high catches being made between about 5°N and 23°N. An area of high catches evident in the southern Gulf of California during the first quarter extended well into the Gulf during the second quarter. During the second quarter the catches increased in the area between about 5°N and 15°N from about 110°W to 125°W, along the confluence of the North Pacific Current and the westwardly-flowing North Equatorial Current. In addition, the area of relatively high catches expanded about the region of the Costa Rica Dome. During the third quarter, the catches were centered in three regions: (1) the area off Baja California between about 24°N and 27°N and in the southern part of the Gulf of California, (2) the nearshore region off the Gulf of Guayaquil and northern Peru, and (3) the offshore region between about 8°N and 14°N from about 115°W to 130°W. During the fourth quarter, fishing continued throughout most of the EPO, with areas of high catches occurring between about 3°S and 7°S from about 80°W to 85°W and from about 100°W to 115°W. The fishing remained good around the tip of Baja California, and the catches increased again in the northern part of the Gulf of California.

The average annual distribution of logged catches of skipjack by purse seiners in the EPO during the 1980-1994 period is shown in Figure 4, and a preliminary estimate for 1995 is shown in Figure 5. The skipjack catches during the first quarter of 1995 were distributed throughout the region between about 18°S and 5°S from about 80°W to 90°W. There was also a small region of high catches in and near the Gulf of Guayaquil during the first quarter. The zone of greatest skipjack catches shifted north, to the Panama Bight region, during the second quarter. As the year progressed, the catches decreased in the Panama Bight. During the third and fourth quarters greater-than-normal catches were made south of the equator between 100°W and 130°W. By

the fourth quarter there remained a few scattered regions of higher catches in the vicinity of the Gulf of Guayaquil and in the region of 2°N to 4°N from about 95°W to 105°W.

Bigeye have been caught most often by surface gear in the EPO in equatorial waters (Figure 6). The increased catches of bigeye during 1994 and 1995 were due to the discovery, made in late 1993, that bigeye associated with floating objects, but well below the surface, can be detected with sonar and caught with purse seines. Many of these floating objects are fish-aggregating devices (FADs) placed in the water by the fishermen. This resulted in catches of more than 32 thousand tons during 1994 and more than 36 thousand tons during 1995. Most of these catches were taken between about 5°N and 10°S from about 85°W to 120°W (Figures 7 and 8).

The 1994 and preliminary 1995 catches in the EPO, by flag, and landings of tunas caught by surface gear in the EPO, by country, are given in Tables 2 and 3. The estimated catch of all species in the EPO in 1995 was about 441.8 thousand tons, which exceeds the previous record total catch of 415.6 thousand tons, taken in 1978. Mexican-, Ecuadorian-, Venezuelan-, Vanuatu-flag vessels harvested 37, 14, 13, and 12 percent, respectively, of the total EPO catch. The landings are fish unloaded during a calendar year, regardless of the year of catch. The country of landing is that in which the fish were unloaded from the fishing vessel or, in the case of transshipments, the country which received the transshipped fish. Preliminary landings data (Table 3) indicate that, of the 439.4 thousand tons of tunas landed in 1995, 137.3 thousand tons (31 percent) was landed in Ecuador. The landings in Mexico (115.2 thousand tons; 26 percent), Venezuela (39.5 thousand tons; 9 percent) and Colombia and the United States (34.3 and 34.0 thousand tons, respectively; 8 percent each) were next in terms of magnitude. It is important to note that when final information is available the landings currently assigned to various countries may change due to exports from storage facilities to processors in other nations.

Tunas are caught in three types of schools by surface gear, those in which the fish are associated with dolphins, those in which the fish are associated with floating objects, such as logs, and those in which the fish are associated only with other fish. Data on the logged purse-seine sets of each type, the catches of yellowfin, skipjack, and bigeye tuna in these sets, and the total catches of these species by purse seines are listed in Table 4. The greatest number of sets on schools associated with floating objects and on schools of tuna associated only with other fish were made during the period from the mid-1970s to the early 1980s. Despite opposition to fishing for tunas associated with dolphins and the refusal of U.S. canners to accept tunas caught during trips during which sets were made on dolphin-associated fish, the numbers of sets made on fish associated with dolphins have decreased only moderately. The logged catches of tunas on these sets peaked at about 192.4 thousand tons in 1989, and then decreased to about 117.2 thousand tons in 1993. Since then, the logged catches taken in dolphin sets have steadily increased, reaching about 137.1 thousand tons (about 71 percent of the peak 1989 catches) in 1995.

Tuna vessels fishing in the EPO occasionally fish in other areas in the same year (Table 1). In 1995 various vessels which were part of the EPO tuna fleet also fished in the western Pacific and/or in the Atlantic and Caribbean. The 1980-1994 median catch by these vessels in the western Pacific was about 6.4 thousand tons (range: 0.1 to 83.6), and in the Atlantic and Caribbean about 8.4 thousand tons (range: 0.5 to 17.3). The maximum catches taken in other areas by vessels of the EPO tuna fleet were made in 1983, the year of the lowest total catch in the EPO (180.4 thousand tons) since 1962 (177.7 thousand tons). Preliminary estimates indicate that the 1995 total catches in these areas by vessels of the EPO tuna fleet were about 0.7 thousand tons in the western Pacific and 1.8 thousand tons in the Atlantic and Caribbean.

Under the terms of the convention which established the IATTC, the primary objective of the IATTC staff's research is monitoring the condition of the stocks of tunas and other species

taken in the EPO by tuna fisheries. Taking into consideration the extensive movements of the tunas, the mobility of the vessels of the tuna fleets of various nations, and the international nature of the tuna trade, statistics on the catch and effort from the EPO must be viewed in the light of global statistics. Statistics for the global catches of tunas and related species for 1994, the most recent year for which data are available, are presented in Figures 9 and 10. Statistics of the catches of the principal market species of tunas during 1975-1994, by oceans, appear in Table 5 and Figure 11.

### THE EASTERN PACIFIC TUNA FLEET

The IATTC staff maintains records of gear, flag, and fish-carrying capacity for most of the vessels which fish for yellowfin, skipjack, or bluefin tuna in the Pacific Ocean east of 150°W (EPO). Records are not maintained for Far East-flag longline vessels, nor for sport-fishing vessels and small craft such as canoes and launches. The eastern Pacific fleet described here includes vessels which have fished all or part of the year in the EPO for yellowfin, skipjack, or bluefin.

The owner's or builder's estimates of vessel carrying capacities are used until landing records indicate that revision of these is appropriate. The vessels are grouped, by carrying capacity, into the following size classes for reporting purposes: class 1, less than 51 short tons; class 2, 51-100 tons; class 3, 101-200 tons; class 4, 201-300 tons; class 5, 301-400 tons; and class 6, more than 400 tons. Except for longliners and miscellaneous small vessels mentioned in the previous paragraph, all vessels which fished in the EPO during the year are included in the annual estimates of the size of the surface fleet.

Until about 1960, fishing for tunas in the EPO was dominated by baitboats operating in the more coastal regions and in the vicinity of offshore islands. During the late 1950s and early 1960s most of the larger baitboats were converted to purse seiners, and by 1961 the EPO surface fleet was dominated by these vessels. During the 1961-1991 period the number of baitboats decreased from about 95 to 20, where it has since remained, and their capacity decreased from about 10.5 to 1.5 thousand tons. During the same period the number of purse seiners increased from 124 to 152, and their capacity increased from 30 to 117 thousand tons. The peak in numbers and capacity of purse seiners occurred during the 1978-1981 period, when the number of these vessels ranged from 248 to 268 and the capacity from 181 to 185 thousand tons (Table 6).

The construction of new and larger purse seiners, which began during the mid-1960s, resulted in an increase in the fleet capacity from 46 thousand tons in 1966 to 185 thousand tons in 1976. During the 1977-1981 period the fleet capacity remained fairly stable. During this period the construction of new vessels continued, but the new capacity was offset by losses due to sinkings and vessels leaving the fishery. In 1982 the fleet capacity declined by 17 thousand tons as vessels were deactivated or left the EPO to fish in other areas, primarily the western Pacific. This trend continued through 1983 as the catch rates in the EPO declined, due primarily to anomalous ocean conditions during 1982-1983. The fleet capacity declined by 26 thousand tons during 1983, and in 1984 it declined an additional 27 thousand tons. The fleet capacity in 1984, about 118 thousand tons, was the lowest it had been since 1971. In 1985, however, due primarily to the return of vessels from the western Pacific, the capacity increased to about 132 thousand tons, but in 1986 it decreased slightly to about 126 thousand tons. During 1987, several new vessels were added to the fleet, and others returned to the EPO fishery from the western Pacific, causing the fleet capacity to increase to 146 thousand tons. This trend continued in 1988, resulting in a fleet capacity of 151 thousand tons. This was the greatest fleet capacity since 1982.



In the spring of 1990, the U.S. tuna-canning industry adopted a policy of not purchasing tunas caught during trips during which sets on tunas associated with dolphins were made. This caused many of the U.S.-flag vessels fishing in the EPO to leave that fishery and enter the fisheries of the Atlantic or western Pacific. The U.S. canners have continued their "dolphin-safe" policy, resulting in further decreases in the number of U.S.-flag vessels fishing in the EPO, and a consequent reduction in the EPO fleet to 112 thousand tons in 1992. With increases in participation of non-U.S.-flag vessels in the fishery, the capacity has increased steadily since 1992, and the 1995 capacity was about 118 thousand tons.

The 1994 and preliminary 1995 data for numbers and carrying capacities of surface-gear vessels of the EPO tuna fleet are shown in Table 7. The EPO tuna fleet was dominated by vessels operating under the Mexican and Venezuelan flags during 1995, with about 53 percent of the total capacity of the fleet flying the flags of those nations. The Mexican fleet has been the largest fleet since 1987, with about 36 percent of the total capacity during 1995, while Venezuelan-flag vessels comprised about 17 percent of the total capacity. In 1990 the U.S. fleet included 29 large purse seiners, with a total capacity of about 30.1 thousand tons, but following adoption of the U.S. canners' dolphin-safe policy, this number decreased to 13 in 1991 and to 8 in 1992, where it remained at the end of 1993. By the end of 1995, only five large U.S.-flag seiners, with a total of about 6.0 thousand tons of capacity, were operating in the EPO. The U.S. canners' dolphin-safe policy has not had a significant effect on the sizes of the other fleets operating in the EPO, but in recent years the number of sets made on dolphin-associated fish has decreased moderately (Table 4).

The majority of the total capacity of the EPO tuna fleet consists of purse seiners with capacities of over 400 tons. This group of vessels comprised about 87 percent of the total fishing capacity operating in the EPO in 1995.

The average, minimum, and maximum tons of fleet capacity at sea (CAS) by month for the EPO during 1980-1994, and the 1995 values, are shown in Figure 12. These monthly values are the averages of the CAS estimates given in weekly reports prepared by the IATTC staff. The values for the 1980-1994 period were chosen for comparison with those of 1995 because the earlier years, when regulations were in effect, had somewhat different temporal distributions of effort due to restriction of yellowfin fishing in the CYRA. Overall, as was the case in 1994, the 1995 CAS values are generally less than the previous 15-year (1980-1994) averages.

During the 1980-1994 period an average of 52 percent of the surface fleet capacity was at sea during each month; in 1995 the average was about 55 percent. Thus, while the total capacity of the fleet in 1995 was near historical lows for the period following introduction of large purse-seine vessels, the fishing effort expended by the fleet, in terms of the proportion of the fleet CAS, was greater than the average observed during the preceding 15-year period. The extremes in the average monthly CAS were observed in 1983-1984, during and following the 1982-1983 El Niño event, when the average monthly CAS was about 38 percent, and in 1989, when the average monthly CAS was about 61 percent.

### **CATCH PER TON OF CARRYING CAPACITY**

The total catch per ton of carrying capacity (CPTCC) for the eastern Pacific Ocean (EPO) tuna fleet provides an index of trends in annual relative gross income for vessels of various size groups. To provide more detail in this index than would be available if the IATTC's historical six classes of vessel capacity classification were used, the following size groups have been identified: 1, <301 tons; 2, 301-400 tons; 3, 401-600 tons; 4, 601-800 tons; 5, 801-1000 tons; 6, 1001-1200 tons; 7, 1201-1400 tons; and 8, >1400 tons.

Estimates of the CPTCCs for the 1985-1995 period are presented in Table 8 for the EPO and for all ocean fishing areas from which vessels of the EPO tuna fleet harvested fish, by size group, area, and species. Yellowfin and skipjack contribute the most to the CPTCCs for the larger vessels, while other species, which include other tunas as well as miscellaneous fishes, make up an important part of the CPTCCs of the smaller vessels in many years. In earlier years, and in years in which the majority of the EPO tuna fleet exerts most of its fishing effort in the EPO, the CPTCCs for the EPO and all ocean fishing areas are nearly the same. During the 1985-1994 period the CPTCCs in the EPO for all vessels and all species averaged 2.9 tons of fish per ton of carrying capacity, with a range of 2.4 to 3.2; for yellowfin it averaged 2.2 tons, with a range of 1.9 to 2.4; and for skipjack it averaged 0.6 tons, with a range of 0.4 to 0.8. The preliminary estimates for 1995 are 3.7, 2.1, and 1.2 tons for all species, yellowfin, and skipjack, respectively. The only years in which yellowfin and skipjack combined constituted less than 90 percent of the total are 1994 and 1995.

### YELLOWFIN QUOTAS

The Director and staff of the IATTC have the responsibility for conducting studies of the biology of the tunas and related species of fish inhabiting the eastern Pacific Ocean and the effects of fishing upon them, and recommending appropriate conservation measures when necessary so that the stocks of fish can be maintained at levels which will yield the maximum sustainable catches. The staff first recommended that an annual quota be set on the catch of yellowfin in the CYRA in 1962. However, the member governments could not reach agreement on a yellowfin quota until 1966. Agreement was reached on a quota for every year from 1966 through 1986 and 1988 through 1994 (Table 20). The Commission staff did not recommend a quota for 1987 because, due primarily to exceptionally high levels of recruitment in 1984 and 1985, the abundance of yellowfin appeared to be at its greatest level in recent years.

The IATTC held its 55th meeting in La Jolla, California, USA, on June 13-15, 1995. The IATTC staff recommended a yellowfin quota of 235,000 tons for that year, with the option to increase this limit by up to three increments of 20,000 tons each (page 9). This quota was also adopted.

### RESEARCH

#### TUNA-BILLFISH PROGRAM

##### *Longline fishery studies*

Although most of the catches of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) are taken with surface gear, increasing amounts are being taken by various longline fisheries. Billfishes make up a significant portion of the catches of fish taken by the longline fishery, whereas such is not the case for the commercial surface fisheries for tunas.

Japanese longline vessels began operating in the EPO during the mid-1950s. Beginning in 1963, Japanese scientists have made prolonged visits to the IATTC headquarters in La Jolla, where they and IATTC scientists have jointly analyzed data for the Japanese longline fishery in the EPO. The results of the analyses covering the period from 1956 through 1987 have been published in the IATTC Bulletin series and in other scientific journals. Another Japanese scientist began a 1-year stay in La Jolla in May 1995, where he performed similar work with data for 1988-

1992. Longline vessels of the Republic of China (ROC) and the Republic of Korea (ROK) also fish in the EPO, but to a much lesser extent than do Japanese vessels. The ROC vessels direct their effort primarily toward albacore, a temperate species which is rarely caught by purse-seine vessels, which direct most or all of their effort at tropical tunas.

A joint-venture longline fishery involving Japanese and ROK vessels, with crews consisting partly of Mexican fishermen, began in the EPO during the early 1980s. These operations were terminated in 1989. IATTC staff members based in Ensenada, Mexico, gathered catch, effort, catch-per-unit-of-effort, and length-frequency data for this fishery, and these data were incorporated into the IATTC's various data bases.

Recently, there has been renewed interest in longline fishing in the EPO. A few small longline vessels had been fishing near Hawaii for many years, but recently that fleet has grown to about 160 vessels, and some of them operate at least part of the time in the EPO. A fleet of about 15 to 20 longline vessels based in Ventura, California, began operating in the EPO in late 1992, but only a few of these vessels were active in that area during 1995. Several Mexican vessels based in Manzanillo were engaged in longlining during 1995, and data on the activities of these vessels were collected by IATTC staff members based in Mazatlan. In addition, there are now longline fleets operating out of Chilean, Costa Rican, and Ecuadorian ports, and entrepreneurs have expressed interest in establishing longline fisheries in other nations bordering the EPO.

With the increasing importance of this fishery, in both Latin America and the United States, it is necessary that the IATTC staff establish basic procedures for collection of information on fishing effort and catches so that the IATTC can meet its obligations for research and recommendations for management in the EPO and to ensure that the data collected in the EPO are consistent with those collected in other regions of the world. These data are essential for assessment of the various stocks of tunas and billfishes, and for analysis of the impacts on the species caught incidentally by these fisheries. To that end, the IATTC staff has updated the format of logbooks originally recommended by the Second *Ad Hoc* Consultation on Global Tuna Statistics convened by the Food and Agriculture Organization of the United Nations in 1987 to reflect changes in gear design and operation in anticipation of updating the formats of logbooks currently used aboard Latin American vessels. The IATTC staff has also held discussions with representatives of other organizations on designs of logbooks and data bases for the world's longline fleets.

### ***Size composition of the catch***

Length-frequency samples are the basic source of data used in estimating size and age composition of the various species of fish in the landings. This information is necessary to obtain age-structured estimates of the population for various purposes, including age-structured population modeling. The results of age-structured population modeling can be used to estimate recruitment, which can be compared to spawning biomass and oceanographic conditions. Also, the estimates of mortality obtained from age-structured population modeling can be used, in conjunction with growth estimates, for yield-per-recruit modeling. The results of such studies have been described in several IATTC Bulletins and in all of its Annual Reports since 1954.

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bigeye, northern bluefin, and black skipjack from purse-seine, baitboat, and recreational catches made in the eastern Pacific Ocean (EPO) are collected by IATTC personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, the USA (California and Puerto Rico), and Venezuela. The catches of yellowfin and skipjack were first sampled in 1954, and sampling has continued to the present.

The staff collected and processed 597 yellowfin, 495 skipjack, 132 bigeye, 22 northern bluefin, and 11 black skipjack samples from the 1995 catch. Most of these were 50-fish samples. For all of the above species except black skipjack, the length-frequency samples are stratified by market-measurement areas (Figure 13), months, and year. The sampling procedures are explained in detail in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 6.

Figure 14 consists of histograms showing the estimated catches of yellowfin in the market-measurement areas of the CYRA (all except Areas 10 and 11 in Figure 13) in 1995. The areas are arranged approximately from north (top) to south (bottom) in the figure. Although the size range is approximately the same in all areas, with nearly all of the fish being between 40 and 160 cm in length, the distributions differ considerably from area to area. The average weights range from 10.4 pounds (4.7 kg) in Area 1 to 36.3 pounds (16.5 kg) in Area 2.

Histograms showing the estimated catches of yellowfin in the CYRA during each year of the 1990-1995 period appear in Figure 15. The average weight for 1995, 29.7 pounds (13.5 kg), was the greatest for the 1990-1995 period.

Figure 16 consists of histograms showing the estimated catches of yellowfin in the area between the CYRA boundary and 150°W (Areas 10 and 11 in Figure 13) during each year of the 1990-1995 period. The largest modal group in the 1995 distribution is located between 120 and 140 cm, approximately the same location as the largest modes in the 1990, 1991, and 1994 distributions. The average weight for 1995, 37.8 pounds (17.1 kg), is the second lowest in the six-year series, being slightly greater than that of 1993.

Histograms showing the estimated catches of skipjack in the market-measurement areas of the EPO in 1995 appear in Figure 17. The data for the four northern areas (1, 2, 4, and 8) have been combined due to low catches in Areas 2, 4, and 8. In the combined northern areas, and in Areas 6 and 13, more than 75 percent of the catch of skipjack was composed of fish less than 55 cm in length. Skipjack greater than 55 cm in length made up more than 60 percent of the catch in Areas 5 and 7 and about 50 percent of the catch in Areas 10 and 11.

Figure 18 consists of histograms showing the estimated catches of skipjack in the entire EPO for each year of the 1990-1995 period. The average weight for 1995, 5.6 pounds (2.5 kg), was less than those of 1990, 1991, and 1994, and about the same as those of 1992 and 1993.

Prior to 1994 the surface catch of bigeye in the EPO was incidental to that of yellowfin and skipjack, and the annual catches (Table 1) and numbers of length-frequency samples taken were considerably less than those of yellowfin and skipjack. In 1994 and 1995, however, more bigeye were caught and more samples were obtained. Histograms showing the estimated catches of bigeye in the market-measurement areas of the EPO in 1995 appear in Figure 19. The greatest catches, amounting to about 86 percent of the total, occurred in Areas 7, 11, and 13. In these three areas the largest modal groups were between 60 and 80 cm. Figure 20 consists of histograms showing the estimated catches of bigeye during each year of the 1990-1995 period. The average weight for 1995, 21.7 pounds (9.8 kg), was slightly greater than that of 1994, but considerably less than those of 1990-1993.

Northern bluefin are caught by surface gear off California and Baja California from about 23°N to 35°N, with most of the catch being taken during May through October. In 1995 bluefin were caught between 29°N and 33°N, and most of the catch was taken during July and August. Histograms showing the estimated catches of bluefin during each year of the 1990-1995 period appear in Figure 21. The numbers of samples obtained from the commercial and recreational catches were as follows:

Year	Commercial	Recreational
1990	14	0
1991	4	0
1992	1	1
1993	4	35
1994	2	11
1995	6	16

Most of the 1995 fish forming the modal group at 130-160 cm were caught with purse seines, and most of those of the modal group centered at 90 cm were caught with sport gear. The average weight for 1995, 89.2 pounds (40.5 kg), was greater than that of any year of the 1990-1994 period.

Black skipjack are caught incidentally by fishermen who are directing their effort toward yellowfin, skipjack, and bigeye tuna. The demand for this species is low, so most of the catch is discarded at sea, but small amounts, mixed with the more desirable species, are sometimes retained. Annual percentage length-frequency distributions of black skipjack caught in the EPO are shown in Figure 22. No attempt has been made to estimate the catches by size intervals.

***World-wide comparison of the biology of tunas, the fisheries for tunas, and methods used for tuna stock assessment***

Dr. Alain Fonteneau, an employee of the Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), spent all of 1995 at the IATTC headquarters in La Jolla, where he worked on a comparative analysis of the main biological characteristics of tunas (primarily the tropical tunas, yellowfin, skipjack, and bigeye) and the tuna-fishing potentials of the Atlantic, Indian, and Pacific Oceans.

Although such comparisons are routinely made by scientists on a piecemeal basis, a comprehensive world-wide study had not previously been carried out. This comparison covers growth, natural mortality, movements and migrations, maturity and spawning, thermoregulation, the fisheries, and the relationships of the fisheries to major environmental characteristics. The methods of stock assessment used by scientists for the various species in the various areas are compared and their results analyzed.

A summarized world-wide data base, combining data compiled by the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the Indo-Pacific Tuna Development and Management Programme, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, and the IATTC, has been prepared. This data base, which can be handled easily with "user-friendly" software on a personal computer, can be made available to any scientist interested in its use. The data base is useful for reviewing and comparing the levels, yearly trends, and variability of the tuna catches in the various oceans, relative to major characteristics, such as the sizes of the exploited areas, of those oceans.

Among the comparisons and analyses planned, or already carried out, are the following:

1. Comparison of the geographical distributions of the various species, as shown by catch and catch-per-unit-of-effort (CPUE) data for various gears for the 1952-1993 period;
2. Comparison of the annual and seasonal variabilities of the catches and CPUEs for the various fisheries of the various oceans, taking into account seasonal variation in environmental conditions;
3. Analysis of the relationships between the seasonal catches and CPUEs for the various fisheries and the major environmental parameters (sea-surface temperatures, temperatures at various depths, thermal gradients, and oxygen levels);

4. Comparison of the changes in the fishing areas exploited by the various fisheries relative to the changes in the levels of the catches. This analysis will allow a comparison between the production of tunas and the biological productivity of each area.

5. Comparison of the size distributions of the tunas taken by the surface and longline fisheries of each ocean.

A critical review of the various methods used to carry out tuna stock assessments in each ocean is being conducted. This review, which is being carried out in conjunction with the comparisons of the fisheries, could lead to a better understanding of the potentials and limitations of the various methods used for the tuna stock assessment. The effects of various potentially-important factors, such as the homing behavior, the cryptic (unavailable) fractions of the various biomasses, and the extents of mixing among various stocks, are being reviewed and integrated to develop recommendations for research leading potentially to improved stock assessments for tunas.

#### ***Age, growth, and maturation of yellowfin tuna***

An evaluation of the geographic variability in length and age at maturity of yellowfin is being carried out as part of a current study of the reproductive biology of that species in the eastern Pacific Ocean. The objective of this research is to investigate the growth and maturation of female yellowfin collected from two area-time strata of relatively high abundance of yellowfin, between 22°N and 26°N and 109°W and 115°W during July-October 1989 and between 4°N and 10°N and 84°W and 89°W during January-March 1989. The sea-surface temperatures in these two areas are quite different, the water being considerably cooler throughout the year in the northern area. Approximately 15 females from each stratum within each 10-cm length interval between 50 and 150 cm were sampled for ovaries and otoliths.

Detailed histological examination of the ovaries was conducted for classifying the fish as mature or immature. The fish were considered to be mature if (1) they had advanced yolked oocytes, regardless of whether postovulatory follicles were present, or (2) if the oocytes of the most advanced group were partially-yolked or unyolked with signs of alpha- and/or beta-stage atresia of the advanced yolked oocytes. The females with unyolked oocytes and no signs of atresia were classified as immature.

Analysis of covariance was conducted on the proportions of mature fish, by 5-cm intervals, for the two strata. The length intervals for which the proportions mature were 0 or 1 were not included in the analysis. To satisfy the requirement that the data be normally distributed, the calculations were performed with the arcsines of the square roots of the proportions. There was a significant difference in the adjusted means between the northern and southern samples. Gompertz functions were fit to these two data sets with a weighted nonlinear regression procedure (Figure 23). The difference seems to be manifested largely as earlier onset of maturation in the southern area, rather than as a difference in the shapes of the curves after maturation is initiated.

Examination of the microstructure of the sagittal otoliths to determine the ages of the fish provided the precision necessary for elucidating the variability of their age, growth, and maturation. (The correspondence between increments on the otoliths and age has been validated for yellowfin over the majority of its length range (IATTC Bull., 17 (7) and 18 (6).) The increments that lay immediately below the distal surface of the sagitta were exposed by etching with 1.5 to 3.5 N hydrochloric acid. A strip of cellulose acetate was used to replicate the incremental path. The replica was placed on a microscope slide with a cover slip, and all increments are counted at least three times at magnifications of about 400 to 900. The mean number of increments on one of the sagittae of each fish was used as a direct estimate of its age in days.

Gompertz functions were fit to the age estimates for the individuals which have been aged, thus far, from these two data sets (Figure 24). Because the variance about the transformed data for the southern group is about three times that of the northern group it was not appropriate to compare the Gompertz equations statistically. The growth rate for the fish from the southern area, however, appears to be greater than that for those from the northern area until the fish are just under 3 years of age, at which time it decreases. The estimate of  $L_{\infty}$  from the Gompertz equation is also considerably less for the southern fish than for the northern fish. In general, there is an inverse relationship between growth rate and  $L_{\infty}$  for fish. Higher temperatures tend to be associated with greater values of the growth rate and lesser values of  $L_{\infty}$ .

Reverse Gompertz equations were derived by fitting the data with age as the dependent variable in order to estimate the ages of the fish at various lengths. The following table summarizes the results of this work to date, and shows the geographical differences which appear in the estimated ages corresponding to the lengths at which 25, 50, and 75 percent of the fish were mature.

Proportion mature	Length (mm)		Age (years)	
	North	South	North	South
0.25	915	864	2.0	1.8
0.50	994	923	2.2	1.9
0.75	1094	997	2.5	2.1

For each proportion, the southern fish were shorter and younger than the northern fish.

Since body size is an important determinant of both maturity and fecundity, variability in growth has potentially important consequences for the estimation of the productivity of the population. It will be necessary to age an additional 60 to 100 individuals to properly assess the growth and maturation schedules from these two sets of data.

#### ***Food habits and trophic interactions of yellowfin tuna, dolphins, and associated predators***

A study of the food habits and trophic dynamics of co-occurring yellowfin tuna, dolphins, and other large predators caught in inter-specific aggregations by tuna purse-seine vessels in the eastern Pacific Ocean (EPO) was initiated during 1993 by the IATTC, in cooperation with the U.S. National Marine Fisheries Service. The purpose of the study is to contribute to the understanding of the nature of the tuna-dolphin bond. The project was funded through a special appropriation by the U.S. Congress for research into new methods of locating and capturing yellowfin tuna without the incidental capture of dolphins. Further information on this study is provided on pages 31-32 of the IATTC Annual Report for 1994.

Analysis of the data was begun during 1995. For a preliminary look at the data, they were stratified by the time of day the 89 dolphin sets were initiated, 0600 to 0900 hours ( $n = 11$ ), 0900 to 1200 hours ( $n = 18$ ), 1200 to 1500 hours ( $n = 34$ ), and 1500 to 1800 hours ( $n = 26$ ). The diurnal patterns of stomach fullness and degree of digestion of the prey indicate that spotted and spinner dolphins fed very little during the daytime. The dolphins rarely had full stomachs or fresh food in their stomachs except during the early morning. The occurrence of recently-eaten prey and of stomachs more than 50-percent full declined steadily from sunrise to sunset, suggesting that dolphins feed principally at night and during the early morning. The yellowfin had fresh food in

their stomachs in both the morning and the afternoon. Daytime feeding is clearly more important for the yellowfin than for the dolphins, although yellowfin apparently also feed at night.

In the early morning, the fresh prey in the dolphin and yellowfin stomachs were dissimilar, suggesting that feeding took place in different places and/or before the animals were associated. There was greater frequency of occurrence of hard parts (mandibles of cephalopods and otoliths of fish) of mesopelagic organisms retained in the stomachs of spotted and spinner dolphins than in those of the yellowfin.

### ***Reproductive biology of skipjack tuna***

It has been assumed that nearly all the skipjack in the eastern Pacific Ocean (EPO) originate from spawning in the central and/or western Pacific Ocean and that those fish which are not caught or do not die due to natural causes in the EPO migrate back to the spawning areas, completing the cycle. This assumption was based upon analysis of catch statistics, life history, biochemical genetic data, and data on the chemical composition of the otoliths.

These assumptions, however, may not be completely valid. The results of research on the reproductive biology of skipjack in the EPO (IATTC Bulletin, 5 (6)) indicated some spawning off Central America and in the vicinity of the Revillagigedo Islands. In addition, larval surveys (e.g. IATTC Bull., 6 (9); U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 69 (1): 3-77 and 70 (4): 153-1242; Far Seas Fish. Res. Lab., S Series, 12: Figure 8) have indicated that some skipjack spawning occurs in offshore waters and, to a lesser extent, in coastal waters of the EPO.

In order to elucidate the population structure of skipjack, an investigation of the spawning potential of skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean (EPO) was initiated in 1995. This program consists of two parts. The first part involves sampling the ovaries of skipjack at canneries to determine their reproductive condition. The objective is to test the hypothesis (U.S. Fish Wild. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish., 512) that significant spawning of skipjack does not occur in the EPO.

Sampling at canneries began in January 1995, with the collection of ovaries from skipjack greater than 50 cm in length. By the end of the year 62 samples, each consisting of approximately 25 females, had been collected, all from fish caught by purse seiners. The characteristics used to classify the reproductive condition of individual fish are (1) the mean diameter of the oocytes of the most developed mode and (2) the presence or absence of residual hydrated oocytes. Reproductive activity is certain for the fish with oocytes equal to or greater than 0.55 mm in diameter. Of the 1,127 ovaries processed to date, 521 (46 percent) were classified as mature, and 88 percent of these as reproductively active (Table 9). (The areas used in this table are the same as those used by the IATTC for sampling the length frequencies of tunas (Figure 13).) It appears, from sea-surface temperature (SST) data collected in conjunction with catch information for each of these samples, that skipjack are sexually inactive at SSTs less than 25°C (77°F). Twenty-eight percent of the samples processed were collected in area-time strata in which the SSTs were less than 25°C.

These preliminary results indicate that significant spawning of skipjack 50 cm or greater in length occurs in areas of the EPO where the SSTs are equal to or greater than 25°C. Sampling at the canneries was discontinued when fish caught in 1995 were no longer being processed. The data will be analyzed in greater detail after all the samples are processed.

The second part of the program (which would have been cancelled if preliminary results from the first part had shown that there is little or no reproductive activity in the EPO) involves collection of ovaries at sea for histological analyses similar to those being carried out with the ovaries of yellowfin tuna (IATTC Annual Report for 1994: 29-31). Its objective is to obtain a comprehensive understanding of the reproductive biology and reproductive potential of skipjack in



the EPO. The field work was commenced in January 1996, when observers on purse-seine vessels began sampling skipjack ovaries at sea. The tissues are placed immediately into 10-percent neutral buffered formalin, which makes them suitable for detailed microscopic examination. The at-sea sampling will continue for 2 years.

### ***Age and growth of bigeye tuna***

The growth relationship currently being used for stock assessment of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean is based upon analysis of length frequencies of longline- and purse seine-caught fish. Many samples of longline-caught fish, consisting almost entirely of large fish, have been collected over the years, but it is not possible to get reliable estimates of growth from these because of overlap of the lengths of fish of different ages. Most of the fish caught by purse seiners are considerably smaller than most of those caught by longliners, so the lengths of fish of different ages do not overlap so much. Not many length-frequency samples of purse seine-caught bigeye are available for the years prior to 1994, as the catches were low during those years. Many more samples will accumulate over the next few years, providing the catches made by the purse-seine fishery continue to be as great as they were during 1994 and 1995. However, the fact that bigeye spawning takes place throughout the year (Nankai Reg. Fish Res. Lab., Bull., 23: 131-208) makes it unlikely that analysis of length frequencies of purse seine-caught fish can provide reliable information on growth. Such being the case, studies to attempt to determine the growth rate of bigeye and the ages of individual fish by other means is clearly warranted.

Otoliths from yellowfin tuna (IATTC Bull., 17 (7) and 18 (6)) and several other tunas have been used to obtain precise age determinations and accurate estimates of growth. Employment of those methods with bigeye may provide the data required to derive accurate age-length relationships, which are necessary for age-structured models used in stock assessment.

An investigation of bigeye tuna otoliths and their usefulness for estimation of the age and growth of bigeye began in late 1995. The first step must be identification of increments and determination of the rate at which they are deposited. This can be accomplished by simultaneously tagging bigeye and injecting them with oxytetracycline, and then releasing them. The tetracycline is incorporated into the developing increment on the edge of the otolith, creating a mark which can be detected by its fluorescence under ultraviolet light. The rate at which increments are deposited can be estimated from otoliths of recaptured fish which had previously been tagged and injected, by counting the number of increments from the fluorescent mark to the edge of the otolith and comparing the counts with the times at liberty.

During the first week of December 1995, bigeye tetracycline-injection, mark-recapture experiments were initiated as part of a project entitled "A tag and release program for the Hawaiian Seamount yellowfin and bigeye tuna handline and troll fisheries," funded by the Pelagic Fisheries Research Program at the Joint Institute of Marine and Atmospheric Research, School of Ocean and Earth Sciences and Technology, University of Hawaii at Manoa. Dr. Kim N. Holland, Hawaii Institute of Marine Biology, University of Hawaii, is the principal investigator for this project. Forty juvenile bigeye, 42 to 74 cm (17 to 29 inches) in length, caught by trolling, handlining, and vertical jigging, were measured, tagged, injected with 1.5-ml of 100 mg per ml oxytetracycline hydrochloride solution, and released near NOAA weather buoy 2 (17°12'N-157°49'W) and Cross Seamount (18°44'N-158°16'W), off the island of Hawaii. A \$25.00 reward is offered for the return of these fish, with information on the date of recapture.

Six fish have been recovered so far, all from those released at weather buoy 2. These fish ranged from 42 to 65 cm (17 to 26 inches) in length, and were at liberty for up to 23 days. The sagittal otoliths will be removed from these fish, and those recovered subsequently, for examina-

tion. This will provide not only an opportunity to examine the short-term rate of increment deposition, but also to ascertain quickly whether the dosage of tetracycline and the technique are appropriate for creating marks on the otoliths of bigeye. After this has been established, additional tagging and injecting of bigeye will be conducted, probably at the same locations. A goal of 1,000 bigeye tagged and injected has been set for 1996.

If it is found that the relative ages of individual bigeye can be determined from the otoliths, sampling of bigeye in the eastern Pacific Ocean will be initiated to obtain otoliths with which to estimate the ages of the fish sampled, and this information will then be used to estimate the growth rate and, in combination with other data, the age composition of the catch.

### ***Possible relationships between availability of bluefin tuna and abundance of anchovies in the eastern Pacific Ocean***

Some Japanese scientists believe that the abundance or availability of bluefin tuna in the vicinity of Japan is related to the abundance of one of its principal food items, the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta*, in that area. The same could be true for the eastern Pacific Ocean (EPO), where one of the principal food items is the anchovy, *Engraulis mordax*.

Most of the bluefin tuna caught in the EPO are 1 or 2 years old. Some of the 1-year-olds apparently leave the EPO after one summer there, whereas others do not leave the EPO until after their second summer, and the proportions that stay for a second season vary considerably from year to year (IATTC Bull., 20 (9)). The abundance of food in the EPO may influence these proportions, so the relationships between the availability of bluefin tuna and the abundance of anchovies in the EPO were examined.

The data used in this study came from the following sources:

catches and indices of availability of bluefin tuna - IATTC Internal Report 23: Table 3; U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 91 (2): 348-361;  
 catches of 1- and 2-year-old bluefin - IATTC Bull., 20 (9): Table 5;  
 indices of abundance of anchovies - U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 91 (2): 348-361.

The ratios of age-2 bluefin tuna caught in year  $i + 1$  to age-1 bluefin caught in year  $i$  were compared to the abundance indices of anchovies in years  $i$  and  $i + 1$ , the reasoning being that if anchovies were abundant the bluefin would be more likely to remain in the EPO for the second summer, so there would be significant positive correlations between the two variables. In other words, if anchovies were scarce during year  $i$  the age-1 bluefin might leave the EPO at the end of that year, in which case the age-2:age-1 ratio for the  $i - 1$  year class should be paired with the abundance of anchovies in year  $i$ . Alternately, if anchovies were scarce at the beginning of year  $i + 1$  the age-2 bluefin might leave the EPO early in that year, in which case the age-2:age-1 ratio for the  $i - 2$  year class should be paired with the abundance of anchovies in year  $i$ . Coefficients of correlation were calculated, but none of these was significant. In some years the age-2:age-1 ratios were considerably greater than 1, apparently because most of the migrating bluefin of some year classes arrive in the EPO as age-2 fish, rather than as age-1 fish (IATTC Bull., 20 (9)). Such being the case, it is not surprising that none of the correlations was significant.

In the future it may be possible to estimate what portion of the age-2 bluefin in the EPO had been there the previous year. If so, the ratio of these to age-1 bluefin during the previous year should be calculated for comparison with the abundance of anchovies.

### ***Swordfish studies***

Catch and effort data for swordfish caught by Japanese- and Mexican-flag longline vessels in the eastern Pacific Ocean (EPO) during the 1962-1987 period have been standardized, using a

mathematical model which incorporates information on the biology of swordfish and environmental data. From these standardized estimates of catch per unit of effort (CPUE), estimates have been made of the distributions of relative abundance in 2° latitude-5° longitude areas by bimonthly periods. These estimates of relative abundance have then been combined to obtain indices of abundance for each year. The principal regions of high abundance of swordfish in the EPO are: (1) the area from the coast of South America to 150°W from about 10°S to the southern extent of coverage of the longline fishery data at about 32°S; and (2) a diagonal band about 600 miles wide spanning the EPO and bounded on the south by a line running from about 20°N at the coast of North America to about 28°N at 150°W. Other regions of high average annual abundance are located: (3) near the coast of Central America between about 8°N and 16°N; (4) off the coast of South America to about 90°W to 95°W between about 6°S and 2°N; and (5) along the Inter-Tropical Convergence Zone from about 120°W to 135°W. Though the zones shift latitudinally with the seasons, they persist throughout the year.

Hypotheses on the stock structure of swordfish in the EPO have been formulated, using biological, CPUE, and genetic data. The information indicates the existence of a stock with its distribution centered in the southern EPO, but it is not clear whether there is another stock centered in the northern EPO. Length-frequency and CPUE data indicate that there is significant migration of swordfish in the northern EPO. Thus, though there may be a stock with its distribution centered in the northern EPO, there is considerable movement of fish across 150°W, the western geographical limit of this study.

In addition to using biological and distributional data to examine stock structure directly, the stock structure of swordfish in the EPO was examined with the Deriso-Schnute delay-difference population model (Hilborn and Walters, 1992, Quantitative Fisheries Stock Assessment, Chapman and Hall, New York and London: 330-348). The model was formulated to represent either (1) a system closed to significant transboundary migration or (2) a system open to migration; however, data were not available to construct the model with a separate southern stock. The results did not differentiate between an EPO open to or closed to migration. Thus it was not possible to distinguish between hypotheses that (1) there exists a single stock of swordfish with its distribution centered in the EPO and approximately bounded by the west coast of the Americas and 150°W (*e.g.* a geographically-discrete southern stock) or (2) there exists a single stock of swordfish as in (1), but the EPO region is also frequented by swordfish of stocks that have distributions extending well beyond 150°W.

The Deriso-Schnute model was also used to estimate the average maximum sustainable yield (AMSY) and optimum effort (OE). These estimates are very sensitive to whether there was migration across 150°W, though all reasonable solutions yielded estimates of AMSY for swordfish in the EPO that were less than about 7,000 mt (7,700 short tons) and estimates of OE of 113 million standardized hooks or less. In comparison, over the 1962-1987 period the annual catches of swordfish in the EPO increased from less than 1,500 mt (1,700 short tons) in the earlier years, reaching an average during the 1980-1985 period of about 6,300 mt (6,900 short tons). In 1987 the catch reached about 9,200 mt (10,100 short tons), exceeding the maximum estimate of AMSY by about 31 percent, but the effort required to make this catch was only about 41 million standardized hooks. The results of the modeling indicate that this CPUE was greater than that which would be experienced once the biomass of the population is reduced to that expected at AMSY.

Due to lack of a direct estimate of the abundance of swordfish in the EPO and lack of biological data, such as changes in age-specific reproductive capacity, it is not possible to determine whether swordfish in the EPO have (1) relatively high abundance and low productivity or (2) relatively low abundance and high productivity. The estimates of AMSY and OE presented here

should be viewed with caution, because the observed history of declining CPUEs with increasing fishing effort provides a minimal amount of information with which to model the dynamics of a population. Preliminary examination of catch and effort data for years subsequent to 1987 indicates that the CPUEs may have stabilized during those years. These more recent data will be incorporated into future analyses of the status of swordfish stocks in the EPO. Until such analyses are completed, it is not possible to estimate the current level of the swordfish stocks in the EPO with respect to the level to be expected at AMSY.

### ***Early life history studies***

For many years fisheries scientists have believed that the abundance of a population of fish is determined principally during its early life history (egg, larval, and/or early-juvenile) stages. Although decades of research have provided considerable information on the populations of adult tunas, relatively little is known about the early life history stages and the factors which affect their recruitment to the exploitable stocks. These considerations motivated the IATTC to establish a research facility at Achotines Bay in the Republic of Panama for the purpose of studying the early life histories of tunas.

Achotines Bay is located on the southern coast of the Azuero Peninsula in the Los Santos province of Panama (Figure 25). The continental shelf is quite narrow at this location; the 200-m (109-fathom) depth contour occurs only 6 to 10 km (3 to 5 nm) from shore. This provides the scientists working at the Achotines Laboratory with ready access to oceanic waters where spawning of tunas occurs during every month of the year. The annual range of sea-surface temperature in these waters is approximately 21° to 29°C (70° to 84°F). Seawater pumped from Achotines Bay is suitable for maintaining live tunas in the laboratory. The proximity of the research station to the study area provides a low-cost alternative to a large research vessel, and improves sampling flexibility.

The IATTC's early life history research program involves laboratory and field studies aimed at gaining insight into the recruitment process and the factors that affect it. Previous research on recruitment of fishes suggests that abiotic factors, such as temperature and salinity, and biological factors, such as feeding and predation, can affect recruitment. As the survival of pre-recruit fishes is probably controlled by a combination of these factors, the research program addresses the interaction between the biological system and the physical environment.

Much of the early work at the Achotines Laboratory was devoted to developing methods of capturing, transferring, and maintaining live scombrids in captivity. Late-larval (late notochord flexion and post-flexion stages) and early-juvenile scombrids (approximately 8 to 35 mm standard length, SL) are captured for research purposes by nightlighting from a skiff. (Nightlighting consists of attracting fish to an underwater light at night and collecting them with a dipnet.) Yellowfin and/or bigeye tuna (hereafter, when appropriate, referred to as *Thunnus* spp.); black skipjack tuna, *Euthynnus lineatus*; frigate and/or bullet tuna, *Auxis thazard* and/or *A. rochei* (hereafter, when appropriate, referred to as *Auxis* spp.); sierra, *Scomberomorus sierra*; chub mackerel, *Scomber japonicus*; and striped bonito, *Sarda orientalis*, have been captured in this manner and held in the laboratory. (Larval and early-juvenile yellowfin and bigeye cannot be distinguished on the basis of morphological, meristic, osteological, or pigmentation characters; identification of early juveniles by electrophoretic means has been described (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 86 (4): 835-838). Larval and early-juvenile *Auxis thazard* and *A. rochei* have been distinguished by minor differences in pigmentation, body depth, and gill raker counts, but there is disagreement concerning the validity of these identifying characteristics.) Research at the Achotines Laboratory has been focused on mostly on black skipjack, *Auxis* spp., and sierra,

the most abundant scombrids in nearshore waters off the southern Azuero Peninsula, but more attention was directed toward yellowfin during 1995.

### ***Joint OFCF-Panama-IATTC project***

In December 1993, an agreement was reached by the Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) of Japan, the government of the Republic of Panama, and the IATTC to undertake a joint 5-year project, funded mostly by the OFCF, at the Achotines Laboratory. The objectives of the project are: (1) to culture adult yellowfin tuna to supply larvae and juveniles for research on its early life history; (2) to produce food organisms for the larval and juvenile tunas; and (3) to culture broodstock snappers (Lutjanidae), corvina-like fishes (Sciaenidae), and food organisms for their larvae and juveniles.

Expansion of and improvements to the infrastructure of the Achotines Laboratory were necessary to carry out the objectives of the project. Construction of large concrete tanks to maintain the broodstock fishes, an enlarged seawater intake pipeline and recirculation system, and a building to house the broodstock tanks were nearly completed by the end of the year. Additional facilities to culture algae and zooplankton were built to provide sufficient quantities of initial food organisms for the larvae spawned by the broodstock fishes. The capture and culture of broodstock fishes was begun on a limited scale as some of the holding facilities became operational.

A sampling survey, to obtain data on the nearshore spatial distribution, size composition, and condition of the gonads of yellowfin tuna, snappers, and corvina-like species that may serve as captive broodstock, continued during the first half of 1995. Weekly sampling with hook-and-line gear was carried out at several locations near the Achotines Laboratory by scientists from the OFCF and Panama's Dirección General de Recursos Marinos. Preliminary trials began during 1995 to test various methods of live capture of yellowfin and transportation of these to the laboratory in preparation for stocking the broodstock tanks. A total of 12 yellowfin, ranging from about 3 to 5 kg (7 to 11 pounds) in weight, were captured and transported in good condition to a 4.6-m (15-ft) diameter 19,000-L (5,000-gallon) tank at the Achotines Laboratory. The fish adapted to captivity, initiated feeding, and survived up to 81 days. It is expected that long-term survival will improve considerably when the new, larger tanks become fully operational.

The OFCF sponsors visits by outside experts to the Achotines Laboratory to assist with some of the objectives of the project. One such expert, Dr. Tadahisa Seikai, Director of the Fisheries Research Station of Kyoto University, spent the period of November 7-24, 1995, at the Laboratory, where he reviewed culture techniques for algae and rotifers with staff members and made recommendations regarding the facilities and equipment. He also worked with a biologist from the Dirección General de Recursos Marinos of Panama in an attempt to induce spawning of snappers with hormone injections (see the section entitled *Snapper resource studies*).

### ***Propagation of scombrids in the laboratory***

Fertilized eggs are obtained from adult black skipjack tuna to supply newly-hatched larvae for experiments at the Achotines Laboratory. The broodstock fish are caught at sea, placed in a built-in 600-L (159-gallon) tank on a 25-ft (7.6-m) launch or in large plastic bags containing oxygenated seawater, and transported to the laboratory within 20 minutes. They are then placed in a 4.5 m (15-ft) diameter, 18,000-L (4,800-gallon) acclimation and treatment pool and kept there for several days or weeks. Then the healthiest fish are moved to a 6.4-m (21-ft) diameter, 37,000-L (9,800-gallon) broodstock tank.

Fertilized eggs are collected from the broodstock tank with a siphon in the center and a skimmer at the edge of the tank. The viability of the eggs has been good, with fertilization and

hatching rates of 95 to 100 percent. At fertilization, black skipjack eggs are positively buoyant, but during the late-embryo stage, 3 to 4 hours before hatching, they become negatively buoyant and sink. At water temperatures of 26° to 27°C (79° to 81°F), the duration of the egg stage is approximately 18 to 20 hours.

Spawning, which had resumed on May 17, 1994, after a 2 1/2-month hiatus, continued through February 13, 1995. This is within 1 week of when spawning ceased in 1994, and was probably related to the decrease in water temperature which occurs at that time of year. The broodstock population consisted of five fish while spawning took place in 1995. The majority of spawning occurred between 3 and 6 p.m., and the estimated numbers of fertilized eggs collected from each spawning event ranged from 7,000 to 228,000. Only one spawning event took place during the remainder of 1995. On May 1, 50,000 eggs were collected, but they had not been fertilized. The noise and vibration caused by construction activities near the laboratory may have contributed to reduced fertility and increased mortality of the broodstock. By the end of the second quarter of 1995 the number of broodstock black skipjack had declined to one. Six additional black skipjack, ranging in length from 40 to 50 cm (16 to 20 inches), were introduced to the tank during the second half of the year. The range of temperature and salinity in the tank during 1995 were 24.0° to 29.4°C (75.2° to 84.9°F) and 29 to 34 ‰, respectively.

#### ***Sampling for larval and early-juvenile scombrids***

Nightlighting effort to obtain live black skipjack, *Auxis* spp., and sierra for respirometry experiments (see ***Respirometry***) was high during most of 1995. In late November, a night-lighting trip resulted in the capture of approximately 600 late-larval and early-juvenile black skipjack and *Auxis* spp., approximately 12 to 20 mm in length. More than 100 individuals survived the first 48 hours in captivity, and at least 85 were transferred to 12- and 15-ft (3.7- and 4.6-m) diameter tanks within 8 days of capture. Over a period of 27 days, the black skipjack grew at an average rate of 5.46 mm per day, which is greater than the growth rates of black skipjack previously reared in the laboratory. Feeding to satiation throughout the day contributed to their rapid growth. The mortality rates were high, however, due primarily to the fish colliding with the sides of the tanks. By mid-December, 13 black skipjack and 1 *Auxis* spp., approximately 130 to 170 mm (5 to 7 inches) in length, had survived for use in the respirometry experiments.

#### ***Food selection and age and growth of yellowfin larvae***

In October 1992, staff members of the IATTC and the Japan Sea Farming Association (JASFA) carried out joint studies of the early life history of yellowfin tuna at JASFA's Yaeyama Station on Ishigaki Island, Okinawa Prefecture, where yellowfin broodstock are held in anchored sea pens in waters adjacent to the Yaeyama Station. During 1995, two manuscripts summarizing the results of the studies were completed and submitted for review.

#### ***Laboratory experiments with black skipjack larvae***

In January and February 1994, black skipjack larvae that had hatched in captivity at the Achotines Laboratory were used in laboratory experiments to determine their developmental rates, growth, and food selectivity, and the timing and rate of increment formation in their otoliths. The development of black skipjack eggs and yolk-sac larvae and the age and growth of first-feeding larvae are described on pages 37-38 of the IATTC Annual Report for 1994. Three experiments of 5, 6, and 8 days duration were completed. Eggs and yolk-sac larvae were described, and the developmental rates were examined. The somatic growth was documented during the first 5 days of feeding, the daily formation of otolith increments was validated for the

first 8 days after hatching, and the food selectivity during the first 6 days of feeding was examined.

The otoliths of black skipjack larvae were examined to determine the timing of first increment formation and the rate at which subsequent increments are formed. This information is essential for determining growth relationships based on otolith ageing, and is a prerequisite for back-calculating individual growth histories. Previously, daily increments were validated in the otoliths of late-larval and early-juvenile black skipjack in a tetracycline immersion experiment (IATTC Bull., 20 (7)).

Yolk-sac and first-feeding larvae were reared in the laboratory from fertilized eggs spawned by the black skipjack broodstock. Larvae were preserved in ethanol at various intervals between the time of hatching and eight days after hatching. The otoliths were extracted from the larvae and examined with a light microscope at the highest magnification possible (1500x). It was possible to count increments on only 16 of the 53 whole-otolith preparations. In most cases, the increments were too faint to count. Double or triple primordia (the initial centers of growth) were observed in approximately 9 percent of the otoliths examined. These have not been reported previously in the otoliths of field-collected scombrids. It has been suggested that multiple primordia may indicate poor health in individual larvae, but this has not been verified. The poor quality of increment definition made it necessary to section and acid-etch several of the otoliths to make the increments more visible for counting. The mean of three blind counts per otolith (*i.e.* counts made without knowledge of the age of the larva) was used to determine the timing of first increment formation and the rate at which increments were formed.

The first increment was formed at hatching, and subsequent increments were completely formed each morning following the first 24 hours after hatching. A mean of  $1.14 \pm 0.27$  SD increments was observed in the otoliths of 12 larvae at hatching, 12 hours after hatching, and 24 hours after hatching. A close correspondence between the mean number of increments counted ( $I$ ) and the age of the larvae ( $t$ ) in days between 1 and 8 days after hatching was indicated by the regression of the mean counts of the increments *versus* age. The slope ( $0.92 \pm 0.04$  SD) of the regression equation,

$$I = 0.37 + 0.92t$$
$$(r^2 = 0.98; n = 10)$$

was not significantly different from 1 ( $P > 0.05$ ). These initial results and previous results from the tetracycline immersion experiment indicate that increments are formed daily in the otoliths of black skipjack during early- and late-larval development.

#### ***Food habits of larval tunas in the Panama Bight***

Tuna larvae were collected in coastal waters off the Azuero Peninsula from 1991 through 1993 with a Tucker trawl with a mouth opening of  $0.6 \text{ m}^2$  ( $2 \text{ ft}^2$ ). Samples were preserved for analysis of growth, food habits, and nutritional condition. Analysis of the gut contents of the larvae collected during 1991 commenced during 1994, and has continued through 1995. To date, the gut contents of 56 black skipjack and 216 *Auxis* spp. larvae have been examined. Additional samples of the gut contents of sierra, striped bonito, and *Thunnus* spp. larvae collected during 1991 will also be analyzed. Gut-content analysis includes measurement of the length of the larvae (SL to the nearest 0.1 mm), enumeration and measurement of each prey item, identification of each prey item to the lowest possible taxon, estimation of the state of digestion of each prey

item, and estimation of gut fullness. When the analysis of the samples collected during 1991 is completed, the data on the food habits of the fish of each taxon will be summarized.

#### ***Development of the visual system in young tunas***

During 1988, larval and early-juvenile black skipjack, *Auxis* spp., and sierra were collected in coastal waters off the Azuero Peninsula. The samples were preserved for histological analysis, including an examination of the development of the visual system. A manuscript describing the visual system was completed during 1995. The characterization of the visual system includes descriptions of the visual acuity, retinal morphology, distance accommodation, visual centers of the brain, and how these differ among fish of different lengths.

The analysis of the visual system revealed that larval tunas and sierra possess visual capabilities that are considerably poorer than those of adult tunas. However, the theoretical (histological) visual acuities of larval scombrids appear to be better than those reported for other marine fish larvae. The visual system of scombrids undergoes marked changes during the larval and early-juvenile stages, including improvements in visual acuity, development of distance-accommodation structures, and growth of the visual center of the midbrain (which controls visual-motor responses). By the time the larvae of these three scombrid taxa metamorphose into juveniles, they attain approximately 70 percent of the visual acuity of adult tunas. In all three taxa, the development of the visual system of the larvae appears to be advanced, and refinements in vision seem to correspond to improvements in foraging abilities and early predation on fishes.

#### ***Ichthyoplankton and oceanographic studies***

Sampling for larval scombrids and forage organisms and measurement of physical parameters of the ocean were conducted from August 1989 to November 1993. The purpose of the sampling program after October 1990 was to obtain information on the day-night and seasonal patterns of vertical distribution, age and growth, diet, and nutritional condition of scombrid larvae in relation to the characteristics of the physical environment (temperature, salinity, oxygen, and light intensity) and the availability of forage organisms in the water column.

In addition, near-shore oceanographic surveys were attempted at least monthly at 14 stations along 3 transects extending seaward from Punta Mala, Achotines Bay, and Morro Puercos to the 2,000-m (1,094-fathom) isobath (Figure 25).

The sampling gear and procedures for both surveys are described on page 44 of the IATTC Annual Report for 1994. All ichthyoplankton samples are initially processed at the Achotines Laboratory. The scombrid larvae are removed from the plankton samples, identified to the lowest taxa possible, and measured. The larvae are then sent to the IATTC's La Jolla laboratory for further study. In addition to these samples, ichthyoplankton samples collected from the Panama Bight by an IATTC staff member aboard the U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration ship *McArthur* (see IATTC Annual Report for 1992: 49-50) are being sorted by the Achotines Laboratory staff.

#### ***Respirometry***

Dr. Kathryn Dickson, Associate Professor of Biological Science at California State University, Fullerton, spent five months at the Achotines Laboratory, where, with the assistance of six students, she conducted research on respirometry of tunas. The goal of the research project, funded by the U.S. National Science Foundation, is to determine if maintenance of elevated muscle temperatures (endothermy) results in improved swimming performance in tunas. Using a transportable, temperature-controlled, variable-speed respirometer system and high-speed



video camera, the researchers measured maximal sustainable swimming speeds, cost of swimming, and swimming kinematics in juvenile black skipjack tuna of sizes less than and greater than the estimated minimum size for endothermy (207 mm). Comparisons with similar-size ectothermic fishes which cannot elevate their muscle temperatures at any size were also made.

Complete respirometry data sets were obtained for 4 juvenile black skipjack (159 to 192 mm in length), 13 green jack, *Caranx caballus* (191 to 258 mm in length), 1 juvenile cocinero, *C. vinctus* (149 mm in length), 1 juvenile rooster fish, *Nematistius pectoralis*, 2 juvenile dog snappers, *Lutjanus novemfasciatus*, and 2 juvenile yellow snappers, *L. argentiventris*. Additionally, partial data sets for metabolic rate *versus* swimming speed were obtained for four other black skipjack (108 to 300 mm in length) and four sierra (150 to 215 mm in length). Preliminary data analyses show that tail-beat frequencies and metabolic rates increase with fish size, and are greater in black skipjack than in green jack at the same swimming speeds. Generally, maximal speeds (body lengths per sec) decreased with fish size. High-speed video recordings will be used to calculate volitional swimming speeds of black skipjack and sierra swimming in laboratory aquaria and to compare the swimming mode in the aquaria with that in the respirometer.

As part of the study, early-juvenile black skipjack, frigate tuna (*Auxis thazard*), and sierra which were captured by nightlighting were raised to larger sizes for respirometry experiments. The average growth rates for these fish, 5.46 mm/day for black skipjack, 3.94 mm/day for frigate tuna, and 3.27 mm/day for sierra, were high.

### **Snapper resource studies**

Mr. Amado Cano of the Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) of Panama and IATTC staff members are conducting studies of some of the commercially-important coastal fishes of the Los Santos province of Panama. The purpose of the project, based at the Achotines Laboratory, is to provide fundamental information on the biology and potential catches of these species. Recent industrialization, principally through improved arrangements for processing and export of the catches, and the possible entry of larger vessels into the fishery make acquisition of estimates of the potential yields desirable. A sampling program was implemented in 1986 to survey and assess the resources of snappers (family Lutjanidae) and other coastal fishes. Catch, effort, length, and weight data are being collected routinely by DGRM biologists. These basic data will provide information on species composition, size compositions, condition factors, catches per unit of effort by various configurations of gear, and seasonal variability of the above. *Lutjanus peru* is the primary species caught, but smaller quantities of *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. jordani*, *L. novemfasciatus*, *L. aratus*, *L. viridis*, *L. inermis*, *L. colorado*, and *Hoplopagrus güntheri* are also taken. The first three species comprise over 90 percent of the catch in the Los Santos province. A manuscript summarizing the analyses of the data collected during the first four years of the study has been completed.

A project which includes research on the culturing of broodstock snappers and corvina-like fishes (Sciaenidae) and production of food organisms for their larvae and juveniles is described in a previous subsection entitled **Joint OFCF-Panama-IATTC project**. Efforts to determine the species most suitable for propagation in the laboratory were made during 1995. By the end of the third quarter, 1 Pacific red snapper (*Lutjanus peru*), 10 spotted rose snapper (*L. guttatus*), 5 yellow snapper (*L. argentiventris*), and 17 corvina-like fishes (8 *Menticirrhus* sp. and 9 *Umbrina* sp.) were established in two 3.7-m (12-ft) diameter 9,500-L (2,500-gallon) tanks. The snappers ranged in length from 170 to 450 mm (7 to 18 inches) and the sciaenids from 250 to 350 mm (10 to 14 inches) in length. The snappers were captured primarily by hook and line, and the corvina were caught with a gillnet. Of these, the spotted rose snapper was selected for culture because:

(1) preliminary results indicate protracted spawning (with peak spawning activity during September and October); (2) it reaches sexual maturity at small sizes (less than 300 mm (12 inches)); (3) it is easy to handle at capture and adapts easily to captivity; (4) it is resistant to disease; and (5) it is of high commercial value. By the end of 1995, 40 spotted rose snappers 280 to 450 mm (11 to 18 inches) in length were being successfully maintained as broodstock in the laboratory. In November three individuals with lengths ranging between 400 and 448 mm (16 and 18 inches) and weights of approximately 1 kg (2 pounds) were injected with 550 International Units per kilogram of human chorionic gonadotropin to induce spawning. About 46 hours after injection one of the females spawned spontaneously in a 500-L (130-gallon) tank. The unfertilized eggs, collected immediately after spawning, had an average diameter of 0.71 mm (range = 0.69 to 0.83 mm). Determination of a suitable corvina-like fish for culture is still pending.

#### ***Recruitment of fish to fish-aggregating devices (FADs)***

In July, Mr. Peter Nelson, a graduate student at Northern Arizona University, and Mr. Philip Estes, a research assistant, with the help of staff members of the Achotines Laboratory, deployed 24 fish-aggregating devices (FADs) between Achotines Bay and Playa Venado. The FADs were monitored visually for 6 weeks to identify the fishes and life history stages attracted to them, and to quantify recruitment patterns and fish behavior.

The FADs were anchored in water between 8 and 23 m (4 and 13 fathoms) deep, in three lines of eight FADs each oriented parallel to the coastline. The lines were located about 200 m (650 feet), 300 m (1000 feet), and 400 m (1300 feet) from shore. The FADs were observed by snorkeling each morning when the environmental conditions permitted, and the numbers of fish of each species aggregated about each FAD and their behavior were recorded.

The fishes associated with the FADs were mostly young-of-the-year juveniles. Adult fishes rarely associated closely with the FADs. The species most frequently present were sergeant majors (*Abudefduf troschelii*), blue bobo (*Polydactylus approximans*), golden jack (*Gnathanodon speciosus*), and an unidentified mullet (*Mugil* sp.), but several other species were also observed. There appears to be no significant relationship between the size of the fish aggregations and the distance from shore. The assemblages at each of the FADs varied considerably from day to day. During periods of light seas and moderate current conditions, individual fish were observed to remain with a single FAD for several days. The fish swam nearly continuously to maintain their positions near the FADs, and fatigue is postulated to be a major factor in the high rate of attrition. The various species positioned themselves differently in relation to the FAD structure. There was little behavioral interaction among species within FAD aggregations, apart from some intra- and interspecific agonistic behavior from the larger sergeant majors.

#### ***Oceanography and tuna ecology***

The high productivity of the eastern tropical Pacific Ocean (ETP) is due mostly to prevailing easterly winds and to prevailing currents which induce upwelling of cooler, nutrient-rich subsurface waters. Sometimes the strength of the easterly winds decreases, which results in reduced upwelling, higher sea-surface temperatures (SSTs), higher sea levels at coastal stations, deeper thermoclines, and changes in the distributions and amounts of rainfall in various areas. (In this report, the thermocline is considered to be the layer beneath the mixed layer where the temperatures decrease rapidly with depth.) Periods when these conditions prevail are called El Niño episodes or events, and periods when the easterly winds are unusually strong, accompanied by below-average SSTs, lower sea levels, and shallower thermoclines, are called anti-El Niño episodes. The effects of an El Niño event are usually most apparent in the ETP only between

about 5°N and 15°S, but during strong episodes, such as those of 1972-1973 and 1982-1983, these effects can extend poleward as far as 40°N and 30°S. The catches of tunas by surface gear tend to decrease in the affected areas during El Niño events.

The IATTC staff analyzes physical conditions in the surface layers of the tropical Pacific Ocean by monitoring the SSTs, sea levels, thermocline depths, and Southern Oscillation Indices (SOIs). The SOIs, the differences between the anomalies (departures from normal) of the air pressures at the sea surface at Tahiti, French Polynesia, and Darwin, Australia, provide measures of the strength of the southern tropical easterly winds. Positive and negative SOIs are associated with stronger-than-normal and weaker-than-normal easterly winds, respectively, although negative SOIs occasionally occur during what would otherwise be considered anti-El Niño events. Data on SSTs are obtained from fishing boats and other commercial vessels, and the other three parameters are obtained from the monthly *Climate Diagnostics Bulletins* of the U.S. National Weather Service.

In recent years it has become the practice of some meteorologists and oceanographers to designate extensive ocean warming anywhere in the tropical Pacific basin, combined with negative SOIs, as ENSO (El Niño-Southern Oscillation) events. An ENSO event does not always indicate the beginning of an authentic and wide-spread El Niño event in the ETP, however. For example, the SSTs were above normal in the western and central Pacific during the austral summer (November-February) of 1994-1995, but this was not followed by an El Niño event in the ETP.

El Niño episodes began during the fourth quarter of nearly every year of the 1990-1995 period, but in every case but one they dissipated quickly during the austral summer. The exception was the 1992-1993 El Niño event, which began during the fourth quarter of 1992 and reached maturity during the first quarter of 1993. This El Niño episode remained weak, however, and apparently had no effect on tuna fishing except in the coastal region of Ecuador and northern Peru, where the catches of skipjack were below average.

By the beginning of the fourth quarter of 1994, the atmospheric and oceanic circulations had returned to normal, following the demise of weak anti-El Niño conditions during the first three quarters of the year. During the fourth quarter the SSTs were near normal, on average, in the ETP east of 130°W between 5°N and 5°S. However, several areas south of the equator and east of 140°W had SSTs more than 1°C (1.8°F) above normal. There was a small rise in sea level at coastal stations of northern South America, but the SOI became less negative than during the second and third quarters of 1994. This resulted from another period of stronger surface winds, as the surface high-pressure systems attempted to return toward normal over the tropical Pacific. In contrast to the generally-normal SSTs in the ETP during the fourth quarter, the SSTs were 1° to 2°C (1.8° to 3.6°F) above normal over most of the western equatorial Pacific. Near 170°W, especially near the equator, some SSTs more than 3°C (5.4°F) above normal were recorded. These above-normal SSTs had prevailed around the international date line for the past two years. The Climate Analysis Center (CAC) of the U.S. National Weather Service reported in the November 1994 issue of its *Climate Diagnostics Bulletin* that, because of continuing abnormal atmospheric and oceanic conditions, a mature phase of an ENSO event was evolving in the central equatorial Pacific. The CAC predicted that weak easterly winds, above-normal SSTs, and a small increase in the depth of the thermocline would appear subsequently in the ETP.

El Niño conditions did not develop in the ETP during the first quarter of 1995, however. Two significant features of the SST anomalies in the ETP indicated that the SSTs and ocean conditions would remain, on average, near normal. First, between 5°N and 5°S, east of 130°W, the SSTs were below normal in several locations. Second, the areas in the southern hemisphere with

SSTs more than 1°C above normal were smaller and less numerous than during most of 1994. Although some SSTs more than 1°C above normal were reported offshore off central Peru, SSTs less than 1°C above normal were recorded at coastal stations from Ecuador to central Peru (Figure 26). The sea level descended to less than 2.5 cm (1 inch) above normal by the end of the first quarter (Figure 26), and it dropped periodically to normal at some coastal stations during that period. In addition, the thermocline rose to an average of 10 m (6 fathoms) between 5°N and 5°S from 130°W to the coasts of Ecuador and northern Peru by the end of the quarter. The negative anomaly for the SOI, -0.3, was the smallest since February 1994. (It appears in Figure 26 of the IATTC Annual Report for 1994 that the negative anomaly was the smallest since January 1994. This figure shows running means of three consecutive months, however, and the anomaly was actually slightly less during February than during January.)

During the second quarter of 1995 the SSTs were below normal along the equator east of 140°W, at coastal stations of Peru (Figure 26), and in offshore areas off Ecuador and Peru. The SST anomalies for April 1995 are shown in Figure 27. These anomalies are representative of the other months of the second quarter. The SSTs were normal, or nearly so, in most of the region south of 5°S and west of 85°W, with only small areas where the SSTs were more than 1°C above normal. In addition, the SSTs were nearly normal north of 5°N, except west of Baja California, where they were 1° to 2°C above normal, due primarily to lighter and more southerly winds which transported surface water northward during storms which occurred during the first half of the second quarter. The sea level at coastal stations dropped to an average of more than 2 cm (1 inch) below normal, and the depth of the thermocline remained about 10 m (6 fathoms) closer to the surface than normal over much of the ETP (Figure 26). Although the easterly surface winds were stronger on both sides of the equator, the SOI remained slightly negative (quarterly average of -0.5).

Anti-El Niño conditions were well established during the third quarter of 1995. The SSTs continued to be below normal, especially along the equator from 5°N to 5°S, and also in the offshore area west of Ecuador and Peru. There were extensive negative SST anomalies in August and September in the equatorial region east of 170°W. However, most of the ETP south of 5°S and west of 90°W had slightly positive SST anomalies, with scattered areas of SSTs more than 1°C above normal. Cooler-than-normal waters off Mexico and Central America limited the frequency and intensity of tropical storms, improving the fishing conditions in the ETP during the third quarter. The sea level rose slightly, but remained below normal (Figure 26), and the thermocline descended slightly to levels between 5 and 10 m (3 and 6 fathoms) above normal. The easterly surface winds continued to be strong on both sides of the equator, and the SOI finally increased to just above normal (Figure 26).

During the fourth quarter of 1995, anti-El Niño conditions persisted, with the SSTs continuing to be more than 1°C below normal between 5°N and 5°S to the east of 170°W, and also in coastal areas off Ecuador and northern Peru. The SSTs were also below normal along the west coast of Baja California. The SST anomalies for December 1995 are shown in Figure 28. These anomalies are representative of the other months of the fourth quarter. Below-average SSTs were particularly evident along the equator, where they were lower than during any previous time of the year. The sea level dropped again to more than 2.5 cm (1 inch) below normal, and the thermocline remained between about 5 and 10 m shallower than normal over the central and eastern tropical Pacific. The easterly surface winds continued to be stronger than normal over the tropical Pacific west of 100°W between 15°N and 15°S; this is reflected in the SOIs, which had remained near normal since the third quarter of 1995 (Figure 26).

The SSTs and oceanic-atmospheric features described above for the ETP during 1995 are characteristic of the early stages of an anti-El Niño episode, which is likely to intensify and prevail for 6 to 12 months, or even longer. The present episode began during the second quarter of 1995 and developed slowly during the second half of that year.

## **TUNA-DOLPHIN PROGRAM**

Yellowfin tuna in the size range of about 25 to 100 pounds (11 to 45 kg) frequently associate with marine mammals, especially spotted, spinner, and common dolphins, in the eastern Pacific Ocean (EPO). The spatial distributions of the various stocks of these three species are shown in Figure 29. Purse-seine fishermen have found that their catches of yellowfin in the EPO can be maximized by searching for herds of dolphins or flocks of seabirds which frequently occur with dolphins and tunas, setting their nets around the dolphins and tunas, retrieving most of the net, "backing down" to enable the dolphins to escape over the corkline of the net, and finally retrieving the rest of the net and bringing the fish aboard the vessel. Unfortunately, particularly during the 1960s and 1970s, many dolphins became entangled in the nets and suffocated.

The IATTC's responsibilities were broadened in 1976 to address the problems arising from the incidental mortality in purse-seine nets of dolphins which associate with tunas in the EPO. The Commission agreed that it "should strive to maintain a high level of tuna production and also to maintain [dolphin] stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of [dolphins]" (IATTC, 1976 meeting, minutes: page 9). The principal responsibilities of the IATTC's Tuna-Dolphin Program are (1) to monitor the abundance of dolphins and their mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners fishing in the EPO, (2) to analyze these data and make appropriate recommendations for the conservation of dolphins, (3) to study the causes of mortality of dolphins during fishing operations and encourage fishermen to adopt fishing techniques which minimize the mortalities of dolphins, and (4) to study the effects of different modes of fishing on the various fish and other animals of the pelagic ecosystem.

### ***Data collection***

#### ***Coverage***

The design for placement of observers during 1995 called for 100-percent coverage of trips by Class-6 vessels (carrying capacity greater than 400 short tons) fishing for tunas in the EPO. All trips by vessels of fleets other than those of Mexico and the United States were to be sampled by the IATTC Tuna-Dolphin Program. Half of the trips of vessels of the Mexican and U.S. fleets were to be sampled by observers of their national programs (Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD) of Mexico and the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS)) and the remainder by IATTC observers.

In February the United States terminated its observer program, and asked the IATTC to provide 100-percent coverage of the U.S. fleet in the future; the IATTC agreed to do this.

During 1995 observers from the IATTC and national programs departed on 496 fishing trips by Class-6 vessels in the EPO. In addition, 49 Class-6 vessels whose last trip of 1994 carried over into 1995 had observers aboard, bringing the total to 545 trips sampled in 1995 by the IATTC and national programs. The IATTC sampled vessels operating under the jurisdictions of Belize, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

The sampling coverage of Class-6 seiners of the international fleet by the IATTC program and the Mexican and U.S. national programs is summarized in Table 10. Over 79 percent of all trips were sampled by the IATTC program, and 100 percent of them were sampled by the three programs combined.

The IATTC also sampled trips of two Class-5 vessels (carrying capacity of 301-400 short tons) during the year. The IATTC began sampling trips of one of the vessels in late 1994 at the request of its owner, and continued to sample its trips during the first half of 1995. This vessel and one other vessel were allocated Dolphin Mortality Limits for the second half of 1995, which required the IATTC to sample trips of both vessels for the remainder of the year. The IATTC sampled a total of 17 trips made by the two vessels in 1995.

### ***Training***

Four courses for training observers in the collection of data aboard tuna vessels were held during 1995 (Table 11). The attendees were instructed in the identification of tunas, marine mammals, turtles, and seabirds, the requirements and procedures for data collection, methods for estimating the sizes of herds of marine mammals, fishing gear and operations, and shipboard protocol and safety.

### ***Gear program***

#### ***Research***

The IATTC continued the testing of a dolphin safety panel modification, based on an idea of Captain Harold Medina, aboard the Vanuatu-flag purse seiner *Tiuna*. This panel, which was described on page 48 of the IATTC Annual Report for 1994, consisted of a section of strong, black, rubberized material 4.5 feet (1.4 m) high by 60 feet (18.3 m) long. It was attached to the existing small-mesh webbing just below the corkline and centered at the apex of the backdown channel. The captain of the *Tiuna* reported that, since the panel caused the channel apex corks to sink at a slower backdown speed, it required more time to release the dolphins through the backdown procedure. Vessel crewmen acting as rescuers during backdown said that the dolphins seemed to be reluctant to approach the black panel during some sets. These observations were similar to those made during the tests of the first panel in 1994. The captain noted that the panel would be useful to any vessel that has a problem in maintaining the channel apex area of its net open or of adequately sinking the apex corkline during backdown. However, since his vessel was not experiencing either of these problems, he decided to remove the experimental panel after 12 sets.

Several Mexican vessels have since experimented with a variation of this idea. Rather than using one continuous strip, they are employing numerous smaller square pieces measuring approximately 1 to 4 square feet (0.1 to 0.4 square m), of the same black, rubberized material attached in the same relative position as the original panel modification. As many as 50 of these are attached to the fine mesh in two rows near the corkline on each side of the point corresponding to the apex of the backdown channel. Discussions between captains and IATTC personnel during net alignments indicate that this configuration is efficient because the smaller pieces can be more easily added and removed, making it easier to fine-tune the device.

### ***Services***

During 1995 the IATTC staff conducted alignments of dolphin safety panels (DSPs) and inspections of dolphin rescue gear aboard 39 vessels, 37 registered in Mexico, 1 registered in Ecuador, and 1 registered in Vanuatu. A trial set, during which an IATTC employee observes the performance of the net from an inflatable raft during backdown, is made to check the alignment

of the DSP. The IATTC employee transmits his observations, comments, and suggestions to the captain of the vessel, and attempts are made to resolve any problems which may arise. Afterward, a report is prepared for the vessel owner or manager. This report contains a summary of the IATTC employee's observations and, if necessary, suggestions for improving the vessel's dolphin safety gear and/or procedures.

The IATTC also offers other services to help fleet managers and operators of individual vessels to reduce dolphin mortality. Publications and video tapes on the subject are available at IATTC field offices. *Trip Analyses*, detailed reports of observed fishing trips, are prepared upon request and, after the required authorizations are obtained, sent to the vessel owners to allow them to assess the performances of the vessels and captains.

#### ***Workshops on the reduction of dolphin mortality***

Two workshops on reducing dolphin mortality were held in Ensenada, Mexico, during 1995, one in January and one in July. Thirty-three representatives of the fishing industry, including 14 fishing captains, attended the first workshop, and 19 people, including 7 fishing captains, attended the second one. Workshops such as these are intended not only for captains, who are directly in charge of fishing operations, but also for other crew members and for administrative personnel responsible for vessel equipment and maintenance. Fishermen and others who attend the workshops are presented with certificates of attendance.

#### ***"Dolphin-safe" certificates***

In 1990 the IATTC began providing "dolphin-safe" certificates to purse-seine vessels which carried IATTC observers whose data verified the fact that no dolphins had been intentionally chased or encircled during that fishing trip. These certificates are issued only at the request of vessel management. In 1995 the IATTC issued 198 of these certificates to vessels under the jurisdictions of Belize, Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

#### ***Statements of Participation***

*Statements of Participation*, which were initially requested by representatives of some nations, verify that vessels have been participating in the International Dolphin Conservation Program (described later) at the observer coverage level of 100 percent. A statement can also state that the vessel is equipped with all the dolphin safety equipment recommended by the IATTC and that the IATTC staff has verified the proper alignment and condition of the vessel's dolphin safety gear during a trial set. During 1995 the IATTC issued, on request, statements for 65 fishing trips by vessels under the jurisdictions of Belize, Colombia, Mexico, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

#### ***Estimates of the mortality of dolphins due to fishing***

In 1995 the incidental mortality of dolphins decreased to 3,274 animals, the lowest level since the fishery for tunas associated with dolphins began (Table 12), and a 20-percent reduction relative the mortality of 4,096 dolphins recorded in 1994. The number of sets on dolphin-associated schools of tuna decreased by 7 percent, from 7,715 to 7,209, and the average mortality per set decreased from 0.53 to 0.45 animals. The trends in numbers of sets on dolphin-associated fish, mortality per set, and total mortality in recent years are shown in Figure 30. As in previous years, most of the progress toward the goal of eliminating the mortality is due to the success of the fishermen in their efforts to release all the dolphins encircled. Four vessels reached their

Dolphin Mortality Limits (described in the subsection entitled *The International Dolphin Conservation Program*) in 1995. The statistics cited above include data from trips by tuna vessels covered by observers from the Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y la Protección de los Delfines of Mexico, but the following comparisons are based on the IATTC data bases for 1994 and 1995.

There was zero mortality in 85.0 percent of the sets on dolphin-associated fish in 1995. Fortunately, there were no sets with mortalities of several hundred dolphins, such as the one which resulted in the total mortality for 1994 being greater than that for 1993. The proportion of the total sets made which were made on dolphins was nearly the same in 1995 (45.7 percent) as in 1994 (46.0 percent). The percentage of the catch of yellowfin taken in sets on dolphins increased from 65.1 percent of the total catch in 1994 to 70.8 percent of the total catch in 1995, as did the average catch per set on dolphins, which rose from 18.5 to 21.2 tons.

The decrease in the mortality per set is the result of a number of actions by the fishermen to better manage the factors which cause the mortalities, and which are identified during the seminars offered by the IATTC staff in the various countries concerned. For example, the percentages of sets with net collapses decreased from 13.0 in 1994 to 10.3 in 1995, those for sets with net canopies from 6.5 to 6.0, and those for sets with major mechanical malfunctions from 8.2 to 7.7. The average size of the herds of dolphins captured decreased from 521 to 473 animals; this could be due to greater skill on the part of the fishermen in reducing the size of the group encircled, some ecological factor, or random fluctuation. The sum of all these small effects is the reduction observed in the mortality per set.

#### *Estimates of the relative abundance of dolphins*

Observers are placed aboard tuna vessels with the primary objectives of monitoring the incidental mortality of dolphins and collecting data that could lead to further reductions in dolphin mortality. They also collect information on the searching activities of the vessels and the frequency of encounters with marine mammals. These data can be used to obtain estimates of the abundance of dolphins by applying a technique known as line transect analysis, with which a correction factor is estimated from the data on sightings. This factor provides a way of accounting for dolphins not seen from the vessel.

Unfortunately, the assumptions necessary for line transect analyses to yield unbiased estimates of absolute abundance are violated in various ways, but primarily by the fact that tuna vessels tend to concentrate their operations in areas of greatest dolphin abundance. The analytic procedures applied should therefore be as insensitive as possible to those violations. The procedures used, developed by the IATTC staff and described in previous Annual Reports, are unlikely to remove all biases, so the resulting estimates should be treated as indices of relative abundance of the stocks, rather than estimates of their absolute abundance.

In order to assess whether changes observed in a time series of annual indices of relative abundance reflect changes in the populations or random interannual fluctuations in the sampling conditions, an additional statistical procedure is applied to the series. This procedure is designed to remove those random fluctuations, and thus allow the underlying trend and confidence limits for the relative abundance of the population to be estimated.

The number of nautical miles of searching effort made by observers aboard tuna vessels during 1995, the number of sightings made during searching effort, and the sizes of the areas assumed to be occupied by the various stocks are shown in Table 13. As part of the treatment to reduce biases in the estimates, the data from some trips are excluded from the analyses; these data are not included in Table 13. The relative abundance indices for all stocks are listed in Table



14. The time series of the indices estimated for each of the stocks for which there is sufficient information, the estimated underlying trend in population abundance, and the confidence limits are shown in Figures 31 through 38. The confidence limits are calculated in a way which allows the significance of the differences to be assessed directly from the figure: if the ranges of the confidence limits of two estimates do not overlap, then the estimates are assumed to differ significantly. The approximate confidence level is 95 percent.

#### ***Offshore spotted dolphin***

The estimated indices and trends for the two stocks (northeastern and western-southern, respectively) of offshore spotted dolphins currently assumed for the EPO are shown in Figures 31 and 32. The trends suggest that the populations have not changed much in recent years, after a decline which ended in the early 1980s. The figure for the northeastern stock suggests an apparent recent decline, the estimate for 1994 being significantly less than those for the late 1980s. However, given the low incidental mortality rates of recent years, it is likely that this trend reflects changes in environmental conditions. The distribution of the individual estimates suggests the possibility of 3-year periods of relative stability in sampling conditions. The IATTC staff is currently exploring these possibilities, using new analytical techniques which directly incorporate data from the environment. The pattern for the western-southern stock is similar, but less marked; after a sudden drop in 1992, the recent indices have increased sequentially to close to the values of the mid-1980s.

It is unclear from the data whether the apparent decline in the estimates for the 1983-1986 period reflects real changes in abundance: 1983 was a year with a severe El Niño event, and low indices for 1985 and 1986 coincide with high estimates of relative abundance for the northeastern stock, suggesting the possibility of movements of dolphins across the current stock boundaries. For this reason, data for both stocks were combined and analyzed together (Figure 33). The results reveal almost no change in recent years, with the exception of a sudden drop in 1993, coincidentally also a year with a strong El Niño event.

#### ***Spinner dolphin***

The eastern stock of spinner dolphins has been stable over the last few years (Figure 34), with no significant changes in population levels, despite some indication of an increase during the last three years. For the whitebelly stock, the trend in Figure 35 indicates that there have been few changes in the last decade; the exception is a significant difference between the estimates for 1987 and 1994.

#### ***Common dolphin***

After adding the 1995 estimate, the smoothed index for 1995 for the northern stock of the common dolphin is significantly less than the indices for years prior to 1990 (Figure 36). However, as discussed in earlier Annual Reports of the IATTC, the interpretation of recent trends in the indices is problematic, since the indices represent the abundance in only a fraction of the area of the distribution of the stock. Recent aerial and ship surveys off Southern California showed very large increases in the abundance of common dolphins relative to previous estimates, suggesting a shift in the distribution toward the northern portion of their range. The area receives little or no effort from tuna purse seiners, so the IATTC staff's estimates are markedly affected by such changes in distribution. More surveys are required to achieve a better understanding of the spatial distribution of the stock within its range and also of the relative distribution of the two species of common dolphins occurring in this region.

The data for the central stock of common dolphins indicate a stable population size since the early 1980s after a decline during the late 1970s (Figure 37). Data for the southern stock are very sparse, making trends in abundance difficult to assess (Figure 38). There are no significant differences among the estimates over the entire time series.

### ***The International Dolphin Conservation Program***

The events which led to the establishment of the International Dolphin Conservation Program (IDCP) and its objectives and functions are described on pages 60-62 of the IATTC Annual Report for 1993.

When the IDCP was established in 1992 it was agreed that the overall dolphin mortality limit (DML) for the international fleet for 1995 would be 12,000 animals. However, because the mortality due to fishing during 1994 was only 4,096 animals, the overall DML for 1995 was subsequently reduced, at the 28th intergovernmental meeting, held in October 1994, to 9,300 animals. Eighty-one vessels were allocated individual DMLs of 114 animals each. Twenty-two of those vessels forfeited their DMLs because they did not utilize them by June 1, 1995; however, those vessels were allowed to request second-semester DMLs. Twenty-eight vessels, including 15 which forfeited their original DMLs, were allocated second-semester DMLs of 57 animals each. The total mortality of dolphins in 1995 caused by the fishery was 3,274 animals. Four vessels reached their DMLs for the year.

### ***International Review Panel***

The IRP held its eighth, ninth, and tenth meetings in 1995. The eighth meeting was held in Ensenada, Mexico, on January 23-24, the ninth meeting in La Jolla, California, on June 11-12, and the tenth meeting in Panama, RP, on October 1-2.

The IRP follows a general procedure for reporting the compliance by vessels with laws and regulations established for minimizing the mortalities of dolphins during fishing operations to the governments concerned. The observers who accompany the vessels on their fishing trips prepare summaries of information pertinent to dolphin mortalities, and these are sent to the governments having jurisdiction of the vessels by the Secretariat of the IRP (IATTC staff members) soon after the fishing trips are completed. The IRP reviews the observer data for all completed trips at its meetings, and after each meeting reports of possible infractions are sent to the governments of the nations which have jurisdiction of the vessels in question. The governments report back to the IRP on actions taken regarding infractions. The IRP then informs the governments of compliance and non-compliance by means of an annual report presented to the governments at the next IATTC annual meeting. During the three meetings the IRP reviewed 7,300 sets involving encirclement of dolphins, which occurred on 456 trips completed during the period from late 1994 to late 1995.

In addition to reviewing completed trip data at each meeting, the IRP made decisions and took action on a number of issues, including the following:

1. It was agreed to send congratulatory letters to the fishermen of the international fleet on their dramatic success in reducing dolphin mortality.
2. It was agreed that the current policy on research fishing should continue, that is that research can be conducted by either a dedicated research vessel or a fishing vessel which has been allocated a DML. It was further agreed that any dolphin mortality resulting from research by a vessel with a DML is to be included in the overall DML, but not the DML of the vessel.
3. It was agreed to recommend to the Intergovernmental Meeting (IGM) that it adopt the document "Procedures for dealing with special problem sets in 1995 and 1996" which was drafted

by an IRP working group, and it was agreed to review these procedures again during 1996.

4. It was agreed to recommend to the IGM that the governments be advised that the IATTC would adopt requirements regarding living accommodations for observers aboard tuna vessels similar to those specified by Mexican law, and that they be asked to incorporate similar requirements into their national laws. It was also recommended that the Director of the IATTC be instructed to, after giving adequate notice to vessel owners, refuse to place observers on vessels which do not comply with this policy.

5. It was agreed to amend the IRP's Rules of Procedure in regard to the attendance of non-members at its meetings.

6. It was agreed to notify all fishing captains and vessel managers that sets on dolphins in which the backdown procedure is not completed within 30 minutes after sunset are considered infractions by the IRP, but that sets which commence 75 minutes or more prior to sunset, which the IRP considers a safe margin for completing backdown within 30 minutes after sunset, will not be reviewed as possible night-set infractions.

7. Ninety-three vessels were issued DMLs of 96 animals each for 1996.

### ***Scientific Advisory Board***

Due to lack of funds, there were no meetings of the Scientific Advisory Board during 1995.

### ***Bycatches in the purse-seine fishery for tunas***

IATTC observers continued to collect information on bycatches during purse-seine fishing operations in 1995. In this report "bycatches" are defined as the fish or other animals which are discarded dead at sea and "catches" include only the fish or other animals which are retained. To date information is available from 12,037 sets on dolphin-associated fish, 8,950 sets on free-swimming schools of fish, and 4,996 sets on fish associated with floating objects made between 1992 and 1995. With the data for 1993 and 1994 complete, a first analysis can be made of the inter-annual variability and the total bycatches for the principal taxonomic groups can be estimated.

### ***Discards of tunas***

The discards of yellowfin, skipjack, and bigeye tuna are shown in Table 15. The average discard of yellowfin per floating-object set was 1.79 tons (19 percent of the catch of yellowfin) during 1993 and 1.48 tons (17 percent of the catch of yellowfin) during 1994. Most of the discards were fish too small to be commercially acceptable. The discard rates for sets on schoolfish and dolphin-associated fish were much lower—0.33 and 0.13 tons (2.2 and 1.2 percent of the catch of yellowfin) for schoolfish during 1993 and 1994 and 0.07 and 0.11 tons (0.4 and 0.6 percent of the catch of yellowfin) for dolphin-associated fish during those years. The average discards of skipjack were greatest for sets on floating objects: 4.74 tons (20 percent of the catch of skipjack) during 1993 and 3.99 tons (17 percent of the catch of skipjack) during 1994. The discard rates for sets on schoolfish were much lower—0.14 and 0.22 tons (5.1 and 7.0 percent of the catch of skipjack) during 1993 and 1994. Only small amounts of skipjack were caught in sets on dolphins, so the discards of skipjack from such sets are insignificant. The average discards of bigeye per floating-object set were 0.36 tons during 1993 and 0.98 tons during 1994 (8.7 percent of the catch of bigeye in each of the two years). The discard rates for sets on schoolfish were lower—0.00 during 1993 and 0.02 tons (9.1 percent of the catch of bigeye) during 1994. The amounts of bigeye caught in sets on dolphins were insignificant.

### ***Discards of other species***

The average bycatches per 1,000 tons of yellowfin tuna caught, for various groups of other species, were calculated. The greatest bycatches for most groups occurred in sets on floating objects. During 1993, for example, the bycatches of large pelagic fish in schoolfish sets were 150 times those in sets on dolphins, and in sets on floating objects the bycatches were 6,247 times those in sets on dolphins. For 1994 those ratios were 28:1 and 296:1. These numbers clearly indicate the tendencies, but they also show that long time series are necessary to obtain reliable estimates. Of particular importance is the temporal and spatial stratification of the catches, which is probably responsible for much of the variability observed. For sharks the ratios for the average bycatches in sets on dolphins, on schoolfish, and on floating objects were 1:2:24 during 1993 and 1:16:80 during 1994. For billfish they were 1:2:18 during 1993 and 1:6:20 during 1994, and for sea turtles they were 1:4:11 during 1993 and 1:1:4 during 1994. The bycatches of small fish and invertebrates were highly variable, and should be considered with caution because, given the characteristics of the species (mostly jellyfish) involved, it is difficult for the observers to make accurate estimates of the numbers of individuals or the tonnages caught. Special sampling techniques will probably have to be developed for these groups.

Estimates of the total bycatches for 1993 and 1994, calculated using a simple extrapolation to extend the results to the Mexican vessels for which data are not available, are shown in Table 16. These estimates should be considered as preliminary, since, if and when the data for Mexican vessels become available, the total numbers of sets of each type can be determined precisely, or, if not, better estimation methods can be developed. During 1993 and 1994 nearly half the total number of sets were made on dolphin-associated fish. Despite the greater frequency of dolphin sets, these took less bycatch than the others, with the exception of dolphins, rays, and invertebrates. The mortalities of sharks decreased from 74,633 during 1993 to 46,345 during 1994, while those for sea turtles declined from 295 to 167 and those for billfish from 3,269 to 2,937. All these data must be assigned to individual species and stocks if they are to be analyzed properly. A great majority of the observers' reports include identification to species, but in other cases, e.g. "unidentified sharks," only higher taxonomic levels are reported. In most cases nothing is known about the stock structure of the species taken in the bycatches, so stock structure cannot be taken into account in analyses of the data. In addition, information on the abundance of a species or stock is necessary if the significance of the number of individuals in the bycatch is to be evaluated. A large bycatch of a species may not be significant if the abundance of that species is high, whereas a low bycatch of a species which is not very abundant may be significant.

### ***Studies of individual species***

Descriptive analyses of the possible impacts of bycatches of the various taxonomic groups continued during 1995, using the complete data bases for 1993 and 1994. Emphasis was directed toward mahi-mahi (*Coryphaena* spp.) and wahoo (*Acanthocybium solandri*), species of particular interest to several member countries of the IATTC, and toward blacktip sharks (*Carcharhinus limbatus*). The following were explored: spatial and temporal distributions, frequencies with which they were captured in the different types of sets, catch rates per set and per ton of yellowfin tuna caught, and size distributions. There was considerable interannual variability for all species. The total bycatches of mahi-mahi during 1994 were nearly twice those of 1993, and those of wahoo in 1994 were nearly six times those of 1993. The total bycatches of the blacktip sharks were greater during 1993 than during 1994, however. A comparison of the distribution of fishing effort during 1993 and 1994 (see Figures 3 and 5 of the IATTC Annual Reports for those years)

reveals some differences which may account for at least some of the interannual variability. During 1994 the catches were considerably greater south of the equator, especially in the area between 85°W and 90°W. The area between 10°N and 20°N and 100°W and 110°W, which usually produces large catches, produced much lesser catches during 1994. The transfer of effort from one area to another can have considerable effects on the bycatches, since different species are concentrated in different areas.

### ***Mahi-mahi***

Approximately 98 percent of the bycatch of mahi-mahi was taken south of 10°N (Figure 39), which is not surprising, since most of the bycatches of mahi-mahi are taken in floating-object sets, and nearly all of the floating-object sets are made south of 10°N. The average bycatches per set during 1993-1994 were 61.85 and 5.06 fish south and north of 10°N, respectively. Fifty-seven percent of the total bycatch south of 10°N was taken between the equator and 6°N and 36 percent was taken off Peru. The greatest bycatches were taken during the first quarter. Seventy percent of the total bycatch of mahi-mahi north of 10°N was taken in coastal waters off Baja California during the third quarter. The bycatches of mahi-mahi included small (<30 cm), medium (30-60 cm), and large (>60 cm) fish, which made up 36, 46, and 18 percent of the catch, respectively.

### ***Wahoo***

Approximately 97 percent of the total bycatch of wahoo was taken south of 10°N (Figure 40), which is close to the equivalent estimate of 98 percent for mahi-mahi. The spatial distribution of the bycatches of wahoo was much more homogeneous than that for mahi-mahi (Figure 39), however. The bycatches of wahoo, 34.96 fish per set south of 10°N and 1.74 fish per set north of 10°N, were considerably less than those for mahi-mahi. The bycatches of wahoo included small (<90 cm), medium (90-150 cm), and large (>150 cm) fish, which made up 40, 42, and 18 percent of the catch, respectively. Nearly all of the small wahoo were caught during the second and third quarters of 1994. The spatial distribution of the small fish was similar to those of the medium and large fish.

### ***Blacktip shark***

Blacktip sharks were caught more than any other species of shark, and are fairly representative of the total shark bycatch. The average bycatches per set were 0.3 in dolphin sets, 2.1 in schoolfish sets, and 7.0 in floating-object sets. The spatial distribution of the total bycatches (Figure 41) does not show areas of high density of blacktip sharks. Most of the bycatches south of 10°N were taken in sets on floating objects, while those north of 10°N were taken mainly in sets on dolphins and schoolfish. This was probably a result of the fewer sets on floating objects, rather than lesser numbers of sharks per set in floating-object sets. Most of the bycatches north of 10°N were taken in the vicinity of Baja California. Blacktip sharks apparently occur most often as solitary individuals or in small groups. This differs in different types of sets, however. In 63 percent of the sets on dolphins and 54 percent of those on schoolfish in which blacktip sharks were present, the catches consisted of only one or two individuals. In sets on floating objects, however, 71 percent of the sets in which blacktip sharks were caught produced three or more individuals. The bycatch of blacktip sharks included small (<90 cm), medium (90-150 cm), and large (>150 cm) fish, which made up 15, 46, and 39 percent of the catch, respectively. The incidence of small fish was much greater in floating-object sets than in dolphin and schoolfish sets.

## STATUS OF THE TUNA AND SWORDFISH STOCKS IN 1995 AND OUTLOOK FOR 1996

The convention establishing the Inter-American Tropical Tuna Commission states that its principal duties are to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean (EPO) to determine the effects that fishing and natural factors have on their abundance and, based on these studies, to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will allow maximum catches on a sustained basis. To fulfill this responsibility, a broad program of research involving biological and oceanographic studies and the acquisition and interpretation of detailed statistics of catch and effort of vessels fishing in the EPO is carried out by the Commission's staff. In keeping with these responsibilities, background papers are prepared to inform the Commissioners of the staff's current assessment of the status of the tuna resources of the EPO. The information in these background papers is reprinted in this Annual Report, with minor changes, to make it available to the general public.

## YELLOWFIN TUNA

The world catches of yellowfin have exceeded those of all other species of tuna except skipjack for many years. Yellowfin accounted for 36, 33, 36, 37, and 35 percent of the world catches of the principal market species of tunas (skipjack, yellowfin, bigeye, albacore, and northern and southern bluefin) in 1990, 1991, 1992, 1993, and 1994, respectively. Yellowfin is the most important species taken by the surface fishery for tunas in the EPO. During the 1970-1974 period, the percentage contributions of the various ocean areas to the world catches of yellowfin were as follows: EPO, 40 to 48; western Pacific, 16 to 24; Atlantic, 24 to 29; Indian, 6 to 13 (Figure 42). The equivalent percentages for the 1989-1993 period were: EPO, 22 to 30; western Pacific, 36 to 41; Atlantic, 12 to 16; Indian, 17 to 26. It is evident that, although the catches of yellowfin in the EPO have increased substantially since 1970, the percentage increases in the catches in the western Pacific Ocean and the Indian Ocean have been even greater, so the EPO is now a relatively less important source of yellowfin than it was during the early 1970s.

### *Stock assessment*

#### *Indices of abundance*

It is necessary, when assessing the condition of a stock of fish which is exploited by a fishery, to have estimates of its abundance or, if that is not possible, estimates of its relative abundance. In general, it is not possible to make direct estimates of the abundance of a stock of fish, such as the yellowfin tuna in the EPO. However, it is possible to assess the effects that fishing has on the stock from estimates of its relative abundance. More specifically, it is necessary to calculate a series of estimates of the relative abundance of the stock for the period of interest. The IATTC staff uses three relatively independent methods to obtain indices of abundance of yellowfin.

#### *Cohort method*

The cohort method, which was first described on pages 62-64 of the IATTC Annual Report for 1972, requires that the fish which are caught be assigned to cohorts. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X73 cohort, which reached a length of about 30 cm (12 inches) in November of that year, first entered the fishery in small numbers during the first half of 1974, and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and those of the Y73 cohort, which reached a length of about 30 cm in May of

1973, first entered the fishery in small numbers during the second half of that year, and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1974.) The IATTC staff estimates the monthly catches of fish of the X and Y cohorts, in numbers of fish, throughout their life spans (not more than seven years). Accordingly, there are fish of up to 14 different cohorts in the catch during a month. These data are used in cohort analyses (sometimes called virtual population analyses), which are discussed in detail in the subsection entitled *Age-structured models*. This method is used to produce two indices of abundance, one for the total stock of fish recruited into the fishery (*i.e.* all fish which are equal to or greater than 30 cm in length) and the other for the larger fish (fish which have been in the fishery more than 17 months) only. These are shown in Figure 43. If the estimates of two other parameters which are used to carry out the cohort analyses, the assumed rates of natural mortality and the "initiating" rates of fishing mortality, are correct, or nearly so, the estimates obtained from these analyses will be close to the actual biomasses of the stock. It is not possible, however, to obtain accurate estimates of the natural mortality rates of tunas with the techniques presently available, so the estimates of biomass of the stock derived from cohort analyses could be biased upward or downward. Such being the case, they should be regarded as indices which are useful for comparing interannual trends, rather than as measures of abundance.

#### *CPDF method*

The CPDF (catch per day's fishing) method, which was developed during the 1950s (IATTC Bull., 1 (2) and 2 (6)) and later modified to a more general form (IATTC Bull., 13 (3)), involves analysis of estimates of the CPDF by a hypothetical standard boat for a series of years. This method is discussed in detail on page 62 of the IATTC Annual Report for 1994. The annual trend for this index is shown in Figure 44, together with the index for the biomass of larger fish obtained with the cohort method (adjusted so that its mean is the same as that for the CPDF index).

#### *Searching-time method*

The searching-time method is described in IATTC Bulletins, Vol. 18, No. 4, and Vol. 19, No. 3, and the IATTC Annual Report for 1994, pages 23-24. It is similar to the CPDF method, except that it is based on the amount of time that the boat spends searching for fish, *i.e.* the days of fishing minus the time spent making sets. It has been further refined by adjusting the searching times for factors, such as the speed of the boat, which have been found to influence the efficiency of searching. The annual trend for this index is shown in Figure 45, together with the index for the total biomass obtained with the cohort method (adjusted so that its mean is the same as that for the searching-time index).

The trends for all four indices (two from the cohort method and one each from the CPDF and searching-time methods) are similar, although the cohort index for large fish is more like the CPDF index (Figure 44) and the cohort index for all fish is more like the searching-time index (Figure 45). Two of the indices show the population increasing from 1982 to 1986, one shows it increasing from 1982 to 1985, and one shows it increasing from 1983 to 1986. The cohort index for all fish (Figure 45) shows a peak in 1988, followed by a decline to 1992. The searching-time index (Figure 45) shows a decline from 1991 to 1995. The other two indices (Figure 44) remained nearly level from 1987 to 1995.

---

None of the stock assessment models discussed below would be applicable unless there is little or no exchange of yellowfin between the EPO and the regions to the west of it. The extent of interchange of yellowfin between these areas has been studied by examination of data on tagging, morphometric characters, catches per unit of effort (CPUEs), sizes of fish caught, *etc.*, and it appears that the mixing of fish between the EPO and the areas to the west of it is not extensive enough to invalidate the use of these models.

#### ***Age-structured models***

Age-structured models make use of data on recruitment and on the average rates of growth and mortality of individual fish. Estimates of these parameters are obtained from analyses of length-frequency and otolith data from the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The IATTC staff has collected data on the size composition of the fish in the catches of yellowfin in the EPO since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951-1954 by the California Department of Fish and Game. The otoliths were collected during 1977-1979, and the analyses were carried out during the early 1980s. Tagging was conducted principally from 1955 to 1981.

#### ***Cohort analyses***

Cohort analyses performed by the IATTC staff have produced information concerning the relative abundance, mortality, and recruitment of fish of individual cohorts which has been highly useful for stock assessment. As a first step, the fish in the catch must be assigned to cohorts. Then estimates are made of the numbers of fish of each cohort at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers which are caught and which die during each interval. The information needed for these calculations includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval for each cohort. These are called the "initiating" rates of fishing mortality. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency, weight-length, and sex-ratio data. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be easily distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus not only are the estimates of the catches of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8 for the annual coefficient of natural mortality ( $M$ ) is used for all ages of males. For females,  $M$  is assumed to be 0.8 for the first 30 months in the fishery and then to increase linearly to about 4.8 at 80 months. (Actually,  $M$  probably varies somewhat among cohorts.) Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, oceanographic conditions, and other circumstances, the growth rates vary, and the times of recruitment vary. All of these introduce "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

The estimated average populations of fish of the various cohorts, in numbers of fish, are shown in Table 17. For the X68 cohort, for example, there was an average of 26,154,000 0-year-olds during the last quarter of 1968, and the population of that cohort during the first, second, third, and fourth quarters of 1969 averaged 21.41, 17.43, 13.89, and 10.52 million fish, respectively (1969 rows, I column). In 1970 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 7.22, 4.51, 3.45, and 2.65 million fish, respectively (1970 rows, II column), and so on. The average numbers of 0-, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds of the



seven X cohorts (1968, 1967, 1966, 1965, 1964, 1963, and 1962) during the last quarter of 1968 were 26.15, 14.66, 2.41, 0.97, 0.27, 0.08, and 0.06 million, respectively (1968, last row). The table is read the same way for the Y cohorts as for the X cohorts, except that the Y cohort first appears during the second quarter of the year.

Estimates of the numbers of recruits for each cohort for 1967-1995 are listed in Table 18. The estimates for 1995 are preliminary and subject to change, however. This is because the recruits have been exposed to the fishery for less than one year, and if their vulnerability to capture was above or below average the recruitment would have been over- or underestimated. The same is true, to a lesser extent, for the estimates for 1993 and 1994. The averages of the initial recruitments (Columns 2-4) are 36 million for the X cohort and 43 million for the Y cohort; the averages of the average populations during the month of recruitment (Columns 5-7) are 35 million for the X cohort and 42 million for the Y cohort. The variability (ratio of the largest to the smallest estimate) among years for the initial recruitment is nearly the same for the X cohort (3.18) and the Y cohort (3.11), and that for the combined data (2.75) indicates an inverse relationship (not necessarily significant) for the two cohorts. The recruitment has been variable, but the average for 1977-1995 (86.9 million) has exceeded that for 1967-1976 (64.6 million). There appears to have been an upward trend in recruitment over the last 20 years or so, the initial recruitment averaging about 66, 76, and 92 million fish during the 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1995 periods, respectively (Figure 46). It could be argued, however, that this is due to chance variation, especially for the 1973-1995 period, when the initial recruitment has averaged about 85 million fish.

The numbers of fish in Table 17 were converted to weights, using data on the average weights of fish of different sizes (Table 19) to estimate the average annual biomasses (total weight averaged over four quarters) for each cohort. Different initiating rates of fishing mortality were estimated for the months during which different cohorts were last exploited, depending on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates greater and less than those considered to be the best estimates. Considerable adjustment of these initiating rates was done to obtain better comparisons of the annual average estimates of the biomasses of the cohorts (Figure 43) to the other estimated trends in abundance (Figures 44 and 45). The annual average biomasses, by age group, in Figure 47 were estimated by averaging the monthly values and combining the estimates for the seven X cohorts and the seven Y cohorts. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the recruitment of X84 and Y84 cohorts combined was about average (Table 18) and their biomass (Figure 47, cross-hatched) was greatest at age 2. These cohorts were not fished heavily until 1987, when they were 2 years old (Figure 48). The initial recruitment of the X72 and Y72 cohorts combined (Figure 47, diagonal lines), on the other hand, was below average (Table 18), and after the Y-cohort fish were fished heavily as age-1 fish in 1973 (Figure 48) their biomass was relatively low (Figure 47) in the succeeding years.

The average annual biomass estimates for 1967 through 1994 for all fish equal to or greater than about 30 cm in length and for "large fish" (all fish which had been in the fishery more than 17 months) are shown in Figure 43. During 1967-1971 the total biomass averaged about 473 thousand short tons. This was comprised of a large proportion of larger fish resulting from recruitment during 1965-1967 which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969-1972, resulted in a decline in the biomass of the larger fish from 1969 to 1974. The abundance of smaller fish increased in 1974 as a result of an extremely large 1973 year class (Tables 17 and 18). That year class accounted for most of the increase in total biomass in 1975 and biomass of large fish in 1975 and 1976. The

greatest catch of yellowfin in the history of the fishery prior to 1986 was made during 1976 (Table 20). Below-average recruitment during 1975 and 1976, coupled with increased exploitation of young fish from 1973 to 1982, resulted in the biomasses of all fish and of larger fish decreasing until 1982, when they reached the lowest levels observed in recent history. Although the 1977 recruitment was well above average, exceeded only by those of 1973 and 1987, so many of these fish (and those of the 1978 recruitment) were captured as 1- and 2-year-olds (Figure 48) that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. The recruitment was below average from 1979 through 1982, above average in 1983 and 1984, below average in 1985, and above average from 1986 through 1995. The total biomass increased in 1983, due primarily to lesser fishing effort, and increased greatly in 1984 and 1985, due to increased recruitment and reduced fishing on young fish. It remained high until 1988, but declined after that, except for a slight increase in 1993. The biomass of large fish declined in 1990 and 1991, increased in 1992 and 1993, decreased in 1994, and then increased slightly in 1995.

The annual catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during 1970-1995 are shown in Figures 48 and 49. In Figure 48 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years, whereas in Figure 49 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year.

Comparison of Figures 47 (annual estimates of the biomass of the X and Y cohorts), 48 (annual estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 49 (catches during each year by age) reveals the changes which have taken place in the age composition of the population and the catch. During the 1970s, when the fishing effort was high, fewer and fewer individuals survived to reach the larger sizes. The fishing effort was reduced in 1982, 1983, and 1984, which permitted many fish which would have been caught while young to grow larger. The total contributions of the combined X and Y cohorts from 1968 through 1990 (Figure 48) ranged from 148 thousand tons for the 1976 cohort to 409 thousand tons for that of 1987, with an average for the 23 groups of 239 thousand tons. If the Y73 cohort had not been fished so heavily during its first year the catches for that cohort would have been even greater. Division of these cohort catches by the corresponding initial estimates of recruitment (Table 18) gives yield-per-recruit (YPR) estimates for each cohort (Figure 50) which varied from 3.8 to 7.7 pounds (1.7 to 3.5 kg). The low YPR for the X67 cohort was the result of low fishing effort, rather than large catches of small fish. The initial recruitment for 1967 through 1990 varied from 49 million to 135 million fish (Table 18), averaging 78 million fish, producing an average YPR of 6.1 pounds (2.8 kg).

#### ***Yield-per-recruit analyses***

In addition to cohort analyses, YPR analyses have been used by the IATTC staff. When the fish of a cohort are young the total weight increases because the growth in weight of the individual fish is rapid, while the losses to the cohort due to natural mortality are moderate. Later, as the fish grow older, their growth rate becomes slower, while the natural mortality continues to be about the same or increases. Thus the losses to the total weight due to natural mortality at that time are greater than the gains due to growth, and there is a net loss to the total weight. Eventually the cohort disappears. The ideal way to obtain the maximum yield in weight from a cohort of fish (assuming, for this discussion, that this is the object of management) would be to harvest each fish just before it died a natural death. This is not possible, of course. The next-best alternative would be to harvest all the survivors at the age or size at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth (the "critical age" or "critical size"). This is possible for some animals, such as oysters or clams which are exposed at low tide and can be easily harvested at that time. When the manager of a bed of oysters or clams

surveys it at frequent intervals and removes the individuals which have reached the critical size he is exerting an infinite amount of fishing effort on the animals which have reached that size. It is obvious that this alternative is not practical for most species of fish.

Intuitively, it seems that if the second alternative is not possible harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the size at entry (*i.e.* the size of the smallest fish caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high a size at entry only slightly less than the critical size would be selected, most of the fish caught would be close to the critical size and age, and the yield would be almost as great as under the second alternative. If the fishing effort is lower a size at entry considerably below the critical size would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of sizes and ages, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

It may not be possible, however, to control efficiently the size at entry. If so, the only way to manage the fishery is to control the catch or the effort. If the size at entry is greater than the critical size unlimited catch or effort can be permitted, but if the size at entry is less than the critical size restriction of the catch or the effort may increase the yield.

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort must be allowed to spawn at least once before they are harvested. This matter will be discussed in the subsection entitled ***Spawner-recruit relationship***.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower, or the natural mortality may be greater, when a population of fish is dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lesser natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical size and age will vary according to population density. This is another complication not taken into account in the YPR model as described here, but it is automatically compensated for in production models, which will be discussed later.

Proceeding now to yellowfin in the EPO, the estimates of growth and natural mortality obtained by the IATTC staff are not as reliable as desired, but the critical size is estimated to be roughly 116 cm (70 pounds or 32 kg). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably smaller than this. When most of the tuna fleet converted from bait to purse-seine fishing in the late 1950s and early 1960s, the average size of the fish in the catch increased, many of them being approximately equal to or greater than the critical size. The average annual catch of yellowfin by surface gear increased considerably during the period after the conversion to purse seining, averaging about 105 thousand tons for 1961-1970, as compared to about 84 thousand tons for 1951-1960. The offshore expansion of the fishery during the mid- and late 1960s was an important factor in these greater catches, but the increase in the average size of the fish caught was also partially responsible for the increased catches.

The objective of management specified by the IATTC convention is to maintain the stocks at levels capable of producing the average maximum sustainable yields (AMSYs). Actually, as discussed in the first paragraph of the subsection, it is not possible to realize the AMSY except with an infinite amount of fishing effort and complete control of the size at which the fish are harvested. However, management in accordance with the results of YPR modeling will provide yields which approach the AMSY, provided recruitment is independent of the number of spawners. (The relationship between recruitment and spawning will be discussed below in the subsection entitled ***Spawner-recruit relationship***.) The estimated YPRs produced by different combinations

of size at entry and fishing effort for two time periods with different patterns of age-specific fishing mortality are shown in Figure 51. (Fishing effort will be discussed in more detail in the subsection entitled *Production models*.) Various combinations of fishing effort and size at entry give various YPRs, which are indicated by the curved lines. The calculations are based upon the growth-in-weight data shown in Table 19, coefficients of fishing mortality (Figure 52) obtained from estimating the biomass as described in the subsection entitled *Cohort analyses*, and estimates of the coefficients of natural mortality given in that subsection. During the 1978-1982 period the fishing effort was directed most at small and large fish and least at medium-sized fish, whereas during the 1989-1992 period the effort was directed most at large fish and least at small ones, with an intermediate amount of effort directed at medium-sized fish. The effects of this shift can be seen in the age-frequency histograms for the catch in Figure 49. With an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 70 pounds (32 kg), the critical size, and the YPR would be 9.3 pounds (4.2 kg). The actual size at entry is about 1 pound. The sizes at entry which would produce the maximum YPRs for various multiples of fishing effort are shown in Figure 51 as dashed curves. For the 1978-1982 case, it can be seen in the upper panel of Figure 51 that if the size at entry were increased from 1 pound to about 30 pounds (14 kg) and the effort remained at about 33 thousand days (the 1978-1982 level), the YPR would increase from about 5.0 pounds (2.3 kg) to about 7.4 pounds (3.4 kg). For the 1991-1995 case (Figure 51, lower panel), changing the size at entry from 1 pound to about 30 pounds (14 kg) and increasing the effort from 20 thousand days (the 1991-1995 level) to about 33 thousand days would increase the YPR from about 6.7 pounds (3.0 kg) to about 8.3 pounds (3.8 kg).

The above description contains the implicit assumption that alteration of the size at entry does not change the areal distribution of the fishing effort. This assumption would be justified if the fishery operated as follows. At first, when the size at entry was low, the vessels would search for schools of fish, finding some containing mostly small fish and some containing mostly large fish, and setting on both. Later, when the size at entry was increased, the vessels would search in the same manner as before, but would set only on the schools containing large fish. Hence the effort directed toward large fish would be the same in the second period as in the first. However, it is likely that if for any reason the size at entry for yellowfin were increased there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing mostly small fish and more in those containing mostly large fish, so the fishing effort on the large fish would probably increase. In general, this would tend to increase the YPR more than indicated in Figure 51. It appears that this has happened in recent years.

The total yield is the product of the estimates of the YPR and recruitment. For example, the YPRs for the 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1995 periods are about 5.6 pounds (2.5 kg), 5.4 pounds (2.4 kg), and 6.7 pounds (3.0 kg), respectively (Figure 53). From the cohort analyses it was determined that the annual average YPR was about 6.0 pounds (2.7 kg) for 1967-1995. The yields obtainable with these YPRs and an initial recruitment of 87 million fish, the average for 1977-1995, are as follows:

Period	YPR (pounds)	Recruitment (millions of fish)	Yield (thousands of tons)
1967-1975	5.6	87	244
1976-1984	5.3	87	231
1985-1995	6.7	87	291
1967-1995	6.0	87	261

The yield with the size-specific fishing mortality pattern of 1985-1995 is 26 percent greater than that with the pattern of 1976-1984. It has been pointed out in IATTC Annual Reports for previous years that a shift of fishing effort from smaller to larger fish would increase the YPRs and catches. Such a shift did occur, and this resulted in increased catches during 1985, 1986, and 1987. The fishery took more smaller fish in 1988, however, due to especially high recruitment during 1987, and then returned to catching larger fish during the 1989-1995 period (Figure 54). As can be seen in Figure 53, the YPR decreased to slightly more than 6 pounds in 1988, and then averaged about 6.8 pounds during the 1989-1995 period. Since 1974 the YPR within a year (Figure 53) has been highly correlated (Figure 55) with the average weight caught within that year (Figure 54). When a cohort is lightly fished, as was the case for those year previous to 1974, the curve in Figure 55 will not give an accurate prediction of the YPR.

#### ***Spawner-recruit relationship***

At least some of the individuals of a cohort must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the critical size there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have reached the critical size, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners would be so reduced that the recruitment in subsequent years would be reduced. Therefore a fishing strategy designed to produce the maximum YPR will not necessarily produce the maximum yield. If the fishing pattern has an impact on the future recruitment, the maximum yield can be obtained by controlling the fishing to optimize the cohort size and YPR simultaneously. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners would reduce the recruitment in subsequent years, as this does not appear to be the case for yellowfin tuna within the range of abundance of spawners observed (Figure 56).)

#### ***Production models***

Production models, in contrast to age-structured models, make use of data on the population as a whole, rather than on individual fish. When a population of fish has not been exposed recently to a fishery it is at the maximum size that the environment permits. Lack of food, lack of suitable living space, presence of predators, *etc.*, prevent the population from growing beyond that maximum. When, over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality the population is said to be in equilibrium. There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than average and years of especially poor environmental conditions when the population is less than average, but these can often be ignored when looking at long-term trends.

If one or more fishing boats began to fish on the population the catch per unit of effort (catch per day of searching, for example), which is assumed to be proportional to the size of the population, would initially be relatively high, as the population would be at its maximum. The gains to the population would still be due to recruitment and growth, but the losses to the population would be due not only to natural mortality, but also to fishing mortality. Thus the population would be reduced. In response to the reduction in population the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would change, the gains from the first two exceeding the losses from the third. If the boats stopped fishing this net gain would cause the population to increase gradually to its original size. As the population approached that size the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would gradually approach their previous levels until they were the same as before the fishery began. The population would thus be restored to equilibrium at its maximum size. If the boats continued to fish at the same rate, however, the population would

eventually come into equilibrium with different rates of recruitment, growth, and/or natural mortality and a population size which was less than the original population size. The CPUE would still be proportional to the population size. If there were only a few boats the population size would be only slightly reduced and the CPUE would be relatively high, but if there were many boats the population would be considerably reduced and the CPUE would be much lower.

The total catch would be the product of the CPUE and the total effort. If the fishing effort were relatively low, modest increases in effort would more than offset the corresponding decreases in CPUE, resulting in greater catches, but at greater levels of effort such would not be the case. At some intermediate level of effort the product would be at its maximum. If the objective of management is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY) of fish the fishing effort should be maintained at that level. If the object is maximum profit the effort should be somewhat less (assuming that the price remains constant), and if the object is maximum employment of fishermen the effort should be somewhat greater. If the effort is less than whatever optimum is selected, the population is said to be underfished, and if the effort is greater than that optimum, the population is said to be overfished.

It is easiest to consider the interrelationships of effort, catch, and CPUE at equilibrium conditions, but it must be recognized that such conditions rarely exist. For example, if the population is at equilibrium near its maximum and the effort is suddenly increased the CPUE will gradually decrease for a period before a new equilibrium point with a lesser CPUE is reached. The catches will be greater during the period of transition than at the new point of equilibrium. Likewise, if the population is at equilibrium at a low level, due to excessive effort, and the effort is suddenly decreased the CPUE will gradually increase for a period before a new equilibrium point is reached with a greater CPUE. The catches will be less during the period of transition than at the new point of equilibrium.

It is appropriate at this point to examine the applicability and usefulness of production models for the yellowfin resource of the EPO. The previous discussion has dealt with "a population of fish." As stated above, none of the stock assessment models would be applicable unless there is little or no exchange of yellowfin between the EPO and the regions to the west of it. Prior to 1990, production modeling was done only for the CYRA, but, as mentioned on page 48 of the IATTC Annual Report for 1989, the staff has decided to carry out analyses based on the assumption that the catches made in the EPO (east of 150°W) come from a single stock.

The applicability of production models can be assessed only if (1) there are catch and effort or catch and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including periods of both underfishing and overfishing, and (2) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort. It will be seen below that data are available for a wide range of levels of fishing effort. The effects of environmental conditions have been studied and reviewed in IATTC Annual Reports for previous years. These effects usually balance out over fairly short periods of time, although there is some evidence, which will be discussed later, that the productivity of yellowfin in the EPO has increased.

In this subsection only effort estimated by dividing the total yellowfin catch by the yellowfin CPDF of unregulated Class-6 purse seiners (greater than 400 tons capacity) is used except in the searching-time model. The CPDF values for 1967-1995 are shown in Figure 44. An index of abundance for 1970-1995 based on the searching-time model, which is similar to the CPDF model, is shown in Figure 45. Indices of the abundance of yellowfin derived from the cohort analyses described previously are also shown in Figures 44 and 45.

The CPDF data shown in Table 20 and Figure 44 indicate that the abundance of yellowfin in 1986 was the greatest for any year of the 1967-1986 period, and that since then it has stabilized at a level slightly less than that of 1986. The increase was expected, due to the low catches in 1982, 1983, and 1984 which permitted the population to increase, and the decline from 1986 to 1987 was also expected, due to the large catches during 1986 and 1987. The CPDFs for 1985-1995 have been even greater than what would have been expected from the results of an analysis based on data for 1967 to 1983, however. This was probably caused by (1) above-average recruitment, (2) the fact that, due to the lesser demand for skipjack and small yellowfin, less of the effort was expended in areas where these are most abundant, and (3) the greater average size of yellowfin taken, which resulted in a greater YPR. With reference to point (2), it should be noted that the searching-time model (Figure 45) includes an adjustment for the effect of fishing in areas where skipjack occur.

The symmetrical production model, described below, was first applied (IATTC Bull., 2 (6)) with baitboat catch, effort, and CPUE data for the inshore area (Figure 57) for the 1934-1955 period, which included a wide range of effort on the underfishing side of the curve. Those data indicated that, within the ranges of fishing effort for which information was available, the population conformed to the model. In 1960 and 1961, for the first time, the effort was greater than optimum, and the population responded in the ensuing years with lower CPUEs and catches, which gave further indication that the model was applicable.

Prior to the mid-1960s the fishery was pursued only in the inshore portion of the EPO and in the vicinity of a few offshore islands and banks. During the mid- and late 1960s, however, the fishing fleet began to increase in size and extended its operations much further offshore. The inshore, offshore, and far offshore areas (Figure 57) are termed Areas A1, A2, and A3, respectively. If the interchange of fish among these three areas were instantaneous the AMSY of the three areas combined would be the same as that of Area A1 alone, and if there were no interchange the AMSY of the three areas combined would be the sum of the individual AMSYs of the three areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish among the three areas, so the AMSY for A1, A2, and A3 combined is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs for A1, A2, and A3. These studies have been described in more detail in IATTC Annual Reports for previous years.

As mentioned previously, data which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY. In 1968, after it had become apparent that the estimate of the AMSY calculated for Area A1 was not applicable to the entire CYRA, the Commissioners authorized the staff to undertake an experimental management program so that an estimate of the AMSY for the CYRA could be obtained as quickly as possible. This was necessary because the effort had been relatively constant during the few years since the offshore expansion of the fishery had begun. When levels of effort in excess of optimum were reached the catch would be reduced, or at least would fail to increase. Then the effort could be reduced to increase the catch eventually (assuming that it had previously been reduced), and so on, until a sufficiently good estimate of the AMSY was obtained. This takes quite a bit of time, however, due to the fact that the population does not respond instantly to changes in the fishing effort, and also because perturbations caused by environmental factors tend to make interpretation of the results more difficult. The experimental management program remained in effect through 1979.

Regression techniques are used to obtain estimates of the parameters in the production models, using observed catch and effort data for a number of years. One of these parameters is an estimate of the population biomass at the beginning of the first year. The population biomass at the beginning of the second year is estimated by using the model, the catch in the first year,



and the other parameter estimates. This process is continued sequentially for the remaining years. Estimates of the average population biomass for each year are obtained similarly.

In recent years two fits have been estimated, one for the 1968-1983 period and another for the period from 1984 to the most recent year for which data are available.

Two analyses for the CYRA based on production models have been discussed in IATTC Annual Reports for previous years. One of these employs the logistic or symmetrical model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and CPDF is linear. The other employs the general stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and CPDF need not be linear. For both of these only the effort data, estimated by dividing the total catch by the CPDF for Class-6 vessels, have been used. For all of the earlier fits the coefficient of catchability,  $q$ , was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for 1968-1982. The data used and the estimates obtained for these two curves in the IATTC Annual Report for 1987, page 49, were as follows:

Fit	$m$	$q$	Maximum sustainable yield (CYRA) in thousands of tons	Sum of squares ( $\times 10^{-9}$ )
1	2.0	0.000039	174	2.224
2	0.8	0.000039	178	3.330

$m$  is a parameter which controls the shape of the curve; 2 makes it symmetrical, values less than 2 make it skewed to the right, and values greater than 2 make it skewed to the left. The sum of squares is a measure of the goodness of fit of the points to the curve, lower values of the sum of squares indicating better fits and *vice versa*.

Based on production model analyses employing data for 1968-1985, it was stated on page 70 of the IATTC Annual Report for 1985 that to bring the CYRA stock to its optimum size the catch in the CYRA in 1986 should not exceed 224 thousand tons. However, because some estimates indicated a lesser amount than this, the 1986 maximum quota for the CYRA was set at 205 thousand tons. The catch in the CYRA in 1986 was 253 thousand tons, and yet the indices of abundance did not show a decline during 1986. It was shown previously that this unexpected increase in production was due to increased recruitment and YPR. Fluctuations in recruitment and changes in age-specific fishing mortality have always created difficulties in applying the results of production model analyses. As has already been stated, the recruitment was above average during 1983-1991, and these above-average levels of recruitment, coupled with changes in age-specific fishing mortality, make short-term reliance on production model analyses alone misleading. For example, adding the 1986 and 1987 data to the 1968-1985 data base and re-estimating the production model parameters made little change in the estimates of AMSY and optimum effort, and over the long term both the symmetrical and asymmetrical models, with the adjustment discussed above, described the average potential production from the stock fairly well. When the data for 1988 were added, however, the need for a different explanation was obvious. The catch for 1988 was so great that a population crash and extremely low CPDFs in early 1989 were expected from the model. This, obviously, did not happen.

The lesser average YPR (Figure 53) during the 1976 to 1984 period, as compared to the 1967 to 1975 period, was offset by greater average recruitment (Figure 46) when computing the stock production. However, during the period of 1985 to 1995, both the average YPR and the average recruitment increased, resulting in increased stock production. During the three periods mentioned on page 62, the estimated initial recruitments, average weights (Figure 54), YPRs, potential yields, and annual catches for the EPO were as follows:



Period	Initial recruitment (millions of fish)	Average weight in pounds (kilograms)	YPR (pounds)	Potential yield (EPO) (1000 tons)	Observed catch (1000 tons)
1967-1975	66	24.4 (11.1)	5.6	185	184
1976-1984	76	15.3 (6.9)	5.3	201	196
1985-1992	92	26.4 (12.0)	6.7	308	299

Since the average catches during the first two periods were roughly the same, fitting the production models to catch and effort data for 1968-1984 can be accomplished without difficulty. As both the recruitment and the YPR increased during the last period, however, it has become impossible to explain the relationship between catch and effort by assuming that the population parameters remain constant. Accordingly, the data for the EPO have been fit with two different sets of parameters, one for the data for 1968-1983 and one for the data for 1984-1995 (Figures 58 and 59, top panels). The results are as follows:

Period	$m$	Maximum sustainable yield (EPO) in thousands of tons	Sum of squares ( $\times 10^{-9}$ )
1968-1983	2.0	211	1.7680
1968-1983	0.8	200	1.9000
1984-1995	2.0	322	0.7092
1984-1995	0.8	328	0.7081

The estimated yields for the 1984-1995 period seem too high, based on the YPR modeling, but only 12 years of data are available, and only the last 11 contribute to the fitting. Also, there was little variation in effort during this period. Since the effort was relatively constant, especially from 1991 through 1995, the point for 1995 should have fallen near the upper dashed line, rather than below it. This indicates that the stock has gone into a new level of productivity between the two dashed lines. The symmetrical model ( $m = 2.0$ ) seems to give a better fit (Figure 58), but the asymmetrical model with  $m = 0.8$  (Figure 59) gives a lesser sum of squares for the latter period.

In the lower panels of Figures 58 and 59 the observed CPDFs are compared to the expected CPDFs computed from the model itself, using values for  $m$  of 2.0 and 0.8 and data for two different time periods. It can be seen that they have corresponded fairly well, on the average, over most of the years shown, but that they are beginning to diverge. In specific years there are wide divergences, however, particularly for  $m = 0.8$ . The reason for this is that the production models are essentially regression models which assume average conditions, and cannot reflect the effects of large, short-term changes in recruitment or age-specific mortality. The difference in the trend for 1993-1995, however, is most likely due to a change in the productivity of the stock.

#### ***Status of the stock during 1995 and considerations for 1996***

Cohort analysis provides estimates of the number and weight of fish of each age group in the fishery at the beginning of 1996, and also provides the basis for estimating the catch during 1996, provided certain assumptions regarding the numbers of fish recruited and the age-specific fishing mortality during 1996 are fulfilled. The recruitments during 1995 and 1996 have been assumed to be equal to the average of those for 1989-1995 and the age-specific fishing mortality

during 1996 to be equal to that for 1995. The assumption regarding age specific fishing mortality implies that the fishing effort during 1996 will be the same as that during 1995. The results indicate that the catch during 1996 should be equal to that of 1995 unless the effort changes. If the fishery reverts to catching primarily smaller fish, however, as was the case during 1978-1982 and, to a lesser extent, during 1988, the 1996 catch, with effort at the 1995 level, will be less. If the recruitment during 1995 and 1996 prove to be below or above average the 1996 catch will be less or more than expected, of course.

The YPR analyses demonstrate that the YPR, at current effort levels, would be about 30 percent greater if in the future the fleet continues to concentrate on larger fish, as during 1991-1995, rather than on smaller fish, as during 1978-1982 (the difference, at 20,000 days, between the solid and dashed curves in Figure 60). The effort during 1991-1995 was about 20 thousand Class-6 purse-seine days per year, whereas it averaged about 33 thousand days per year during the 1978-1982 period. A reduction from 33 to 20 thousand days during the earlier period would have produced an increase of about 2 percent in the catch and an increase of about 68 percent in the CPDF. Therefore, the combination of increased YPR and decreased effort would produce an increase of about 33 percent in the YPR ( $1.02 \times 1.30 = 1.33$ ). The YPR estimates for the two different age-specific fishing mortalities patterns are shown in Figure 60.

The effects of two different average levels of recruitment, those for 1991-1995 ("high") and 1978-1982 ("low"), combined with the average age-specific fishing mortality for 1991-1995, are shown in Figure 61. The catch is about 20 percent greater with high recruitment than with low recruitment at either the 1978-1982 or 1991-1995 levels of effort.

The combined effects of high recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1989-1992 *versus* average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 are shown in Figure 62. In this instance the catch in the first case exceeds that for the second case by an average of 62 percent for effort levels between 10 thousand and 35 thousand days. A little less than half of the increase in the estimated catch comes from increased recruitment and a little more than half from increased YPR.

Production models for which the parameters were estimated with the 1968-1983 data indicate that the stock of yellowfin would be reduced to zero by the beginning of 1990, due to the large catches made during 1985-1989. These models allow for virtually no catch during 1990 through 1996. Obviously, these estimates have not been representative of conditions in the fishery since 1983 or 1984. As noted above, age-structured analyses demonstrate that major changes in age-specific fishing mortality and recruitment occurred between 1983 and 1985, and these caused the production from the stock to be much greater than expected from the production model parameters for 1968-1983. If it is assumed that the data for the most recent years represent current conditions in the fishery, and the parameters of the production model are re-estimated as described previously, the expected catches correspond much more closely to the observed catches (lower panels of Figures 58 and 59). With the re-estimated parameters of the model, it is estimated that the equilibrium catch for the EPO for 1996, with the reduced effort levels of 1992-1995, should be approximately 290 to 300 thousand tons. With this reduced level of effort, the two production models indicate that the CPDF should be between 16 and 17 tons. These values are almost certainly too high; it is more likely that the CPDF will be about 13 to 15 tons.

It is estimated that the recruitment has fluctuated by a factor of about 3, and over the observed range of data for the fishery it does not appear to be related to the stock size (Figure 56). This adds to the difficulties in making short-term forecasts with production models. If the forecasts from this model are to be improved, it is necessary to use information about the recruitment. It would be best to be able to forecast the recruitment a year or two in advance, but it is currently

not possible to do this. The yield curves derived from the YPR models for the 1978-1982 and 1991-1995 periods (Figure 62, solid and dashed lines, respectively), plus the points and production curves for the 1968-1983 and 1984-1995 periods (top panel of Figure 59, lower and upper dashed lines, respectively), are shown in Figure 63. During the 1968-1983 period, when there was considerable interannual variation in effort, but the average catches were roughly the same for reasons discussed on pages 60-61, the curves for the two models correspond well to one another. For the 1984-1995 period, however, when there was little interannual variation in effort, the two curves do not correspond well to one another. The YPR model indicates that the effort during the 1984-1995 period was greater than that necessary to produce the maximum catch, whereas the production model indicates the opposite.

In summary, evaluating the effect of fishing upon the abundance and yield of yellowfin in the EPO is difficult. Using the production models alone provides tenuous results, so the staff has combined the results of three different models, cohort, YPR, and production, to arrive at what are believed to be the most reasonable conclusions. However, forecasts based on such analyses are subject to a high level of error, so the staff is continuing to explore alternative analytical techniques to arrive at the best estimates possible of the productivity of the yellowfin stock.

The foregoing YPR analyses, as shown by the dashed curve in Figure 62, demonstrate that the current effort level (20,000 Class-6 days) was in the range of the levels (18,000 to 22,000 days) needed to harvest the AMSY. Also, it shows that the actual catch varies in accordance with the amount of recruitment and the age-specific fishing mortality (Figures 60-62). The equilibrium catch with the 1995 age-specific fishing mortality, a recruitment of 87 million fish (the average of 1989-1995), and 20 thousand days of effort would be about 282 thousand tons per year, but it would take several years to reach equilibrium; the catch in 1996 would be about 270 thousand tons. If the effort were increased to about 23 thousand days, the equilibrium catch would be about 283 thousand tons, but in 1996 the catch would be about 295 thousand tons. It should be noted that increasing the effort from 20 thousand to 23 thousand days (a 15-percent increase) would increase the equilibrium catch by only about 1 thousand tons (an increase of less than 1 percent), but the equilibrium CPDF would drop from about 14.1 to about 12.9 tons per day (a 9-percent decrease). If the effort were increased to 27 thousand days, the 1996 catch would be about 324 thousand tons, but the equilibrium catch would drop to about 280 thousand tons (a 1-percent decrease) and the equilibrium CPDF to about 10.3 tons, a 27-percent decrease.

Use of current estimates of the parameters of the production model produces estimates of the stock size which are substantially above the optimum level. If such is the case, the fishery could harvest more than the AMSY, which would be about 325 thousand tons per year from the EPO, with about 275 to 285 thousand tons of that coming from the CYRA. For two reasons, however, care should be exercised in using the production model values. First, the effort level has been almost constant since 1984 and the observed values of the catches and the CPDFs have been substantially less than the predicted values (Figures 58 and 59, lower panels). (The parameters have been estimated from data for 1984 through 1995.) Under these conditions, the estimates are very imprecise. Second, recruitment (Figure 46) appears to have been declining during recent years, and if it continues to do so, or stabilizes at the 1991-1995 level, re-estimates of the parameters of the production model will indicate that the productivity of the stock is less than previously indicated.

It is possible, as pointed out previously, that in the future the fleet will direct a greater portion of its effort toward fish not associated with dolphins. Fish caught in free-swimming schools or in association with floating objects are smaller than those caught in association with dolphins (Figure 64), so a shift in fishing modes would result in a decline in the sustainable catch of yel-

lowfin in the EPO. This decline, which would take several years to manifest itself fully, could reduce the catches to as little as 150 to 200 thousand tons per year. (It should be noted, however, that production models have never been fitted to a series of data from the EPO which does not include fishing for tunas associated with dolphins.)

### SKIPJACK TUNA

The world catches of skipjack have exceeded those of any other species of tuna for many years. Skipjack accounted for 45, 51, 46, 46, and 47 percent of the world catches of the principal market species of tunas (skipjack, yellowfin, bigeye, albacore, and northern and southern bluefin) in 1990, 1991, 1992, 1993, and 1994, respectively. In the Pacific Ocean 48, 56, 49, 52, and 53 percent of the catches in 1990, 1991, 1992, 1993, and 1994, respectively, were skipjack. The world catches of skipjack by area are shown in Figure 65. The catches in the Pacific Ocean are much greater than those in the Atlantic and Indian Oceans, and the catches in the western and central Pacific are much greater than those in the eastern Pacific Ocean (EPO). The catches in the EPO have not shown an upward trend during the 1961-1995 period, while those of the other areas have greatly increased.

Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific near Central America, northern South America, Cocos Island-Brito Bank, and the Galapagos Islands. The area of very warm water off southern Mexico which separates the two areas is usually nearly devoid of skipjack (Figures 4 and 5), but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. The fishery for skipjack in the EPO tends to take place closer to shore than that for yellowfin, but in recent years, especially 1995, greater portions of the skipjack catches have been made further offshore. In the central Pacific Ocean there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, particularly between 10°N and 10°S east of 140°E, there are much more substantial fisheries for skipjack.

The total catches of skipjack in the EPO vary considerably from year to year (Table 1, Figure 65), and the locations at which the fish are caught also vary from year to year. During the late 1950s large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the late 1950s to the early 1970s large catches of this species were made close to shore off Ecuador and northern Peru. During the early 1970s, however, the center of abundance of the southeastern group seemed to shift to waters off Colombia and Central America, and then during the early 1980s it seemed to shift back to Colombia and Ecuador. In 1995 substantial catches were made off Peru and in offshore waters north and south of the equator (Figure 5).

The size compositions of skipjack samples taken in the EPO during 1990 through 1995 are shown in Figure 18. Differences among years are apparent; the fish were smaller during 1992, 1993, and 1995 than during the other years.

Tunas are caught in three types of schools, those in which the fish are associated with dolphins, those in which the fish are associated with floating objects, such as logs, and those in which the fish are associated only with other fish. Unlike yellowfin, skipjack are not often caught in schools associated with dolphins. Data on the numbers of logged purse-seine sets of each type, the catches of yellowfin, skipjack, and bigeye in these sets, and the total catches of yellowfin, skipjack, and bigeye are listed in Table 4. The greatest numbers of sets on schools associated with floating objects and on schools of tuna associated only with other fish ("free-swimming schools") were made during the period from the mid-1970s to the early 1980s, and the greatest catches of

skipjack were made during this period. There is currently considerable opposition from some environmental groups and individuals concerned with the environment to fishing for tunas associated with dolphins, so if the vessels which have fished in that manner in recent years were to direct their effort to fishing for schools of tuna associated with floating objects and free-swimming schools the catches of skipjack would probably increase (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 92 (1): 132-143).

### ***Population structure***

Skipjack occur throughout the tropical and subtropical waters of the Pacific Ocean, and it is known that there is considerable exchange of fish among areas (Figure 66). It is of fundamental importance to determine whether these fish belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur and how their distributions vary with time and age. This problem has been studied by various methods, including analyses of catch statistics, life history, tagging, biochemical genetic data, and data on chemical composition of the otoliths of the fish. Research in these fields has been conducted by many organizations, including the IATTC, the South Pacific Commission (SPC), the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), and various organizations in Japan. The research results pertinent to a solution to this problem were examined at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the SPC in 1979, and the conclusions reached at that meeting were discussed in detail on pages 88-91 of the IATTC Annual Report for 1983. In summary, there were two principal hypotheses for skipjack in the Pacific Ocean. The separate-subpopulation hypothesis stated that there are two or more genetically-distinct subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean, and the clinal hypothesis stated that separate subpopulations of skipjack do not exist in the Pacific Ocean, but there is isolation by distance, *i.e.* the probability of any two fish interbreeding is an inverse function of their distance from one another. It was concluded at the workshop that the available data did not favor either the separate-subpopulation or the clinal hypothesis. Subsequent studies, described on pages 69-71 of the IATTC Annual Report for 1994, have not furnished information which would serve better as the basis for management decisions. (Those studies should not be considered as futile, however, as the information from them may eventually be combined with information to be gathered in the future to achieve a much greater understanding of the stock structure of skipjack in the Pacific Ocean.)

### ***Abundance, availability, and vulnerability to capture***

As stated above, the apparent abundance of skipjack is highly variable in the EPO. This is believed to be due more to the effects of environmental conditions than to the effects of fishing. A study of the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the EPO has been published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, and some of the results are summarized on pages 71-72 of the IATTC Annual Report for 1994. On the whole, the results of the IATTC staff's attempts to relate the apparent abundance of skipjack with environmental conditions suggest that this relationship is complex and not obvious. The problem might be partially resolved if biological and statistical studies could be made for the entire population unit(s) which contribute(s) to the EPO fishery, instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the EPO during part of the life span. Usable catch, effort, and CPUE data are available for some parts of the Pacific population unit(s), but not for others. Also, there is the problem of separating the catches of fish of the population unit(s) which contribute(s) to the EPO fishery from those which do not.

### ***Stock assessment***

It has long been known that there is exchange of fish between the EPO and the central and western Pacific Ocean (Figure 66). There are no measures of the amount of this exchange, however.

The catches of skipjack in the EPO are more variable than those of yellowfin. This is because the abundance, availability, and/or vulnerability to capture is more variable for skipjack than for yellowfin in the EPO. The catches per unit of effort (CPUEs) of skipjack vary among years by a factor of about seven (IATTC Bull. 19 (6): Tables 9 and 10), whereas those of yellowfin vary among years by a factor of about three (Table 20). The greater variability of skipjack is due to two factors. First, the recruitment of skipjack (IATTC Bull., 19 (6): Table 14) is more variable than that of yellowfin (Table 18). Second, fewer age groups of skipjack than of yellowfin are caught, and the presence of more age groups tends to dampen the year-to-year fluctuations in the catches. In addition to the above, there are economic factors to be considered. As larger boats replaced smaller ones during the 1970s and 1980s greater proportions of the fishing effort were exerted further offshore, where skipjack are less abundant or more difficult to catch. Also, fishermen sometimes pass up opportunities to catch skipjack in areas where they are relatively abundant and easy to catch because the canneries will not accept them or because the prices are considerably less than those for yellowfin.

### ***Indices of abundance***

Estimates of the relative abundance of skipjack in the EPO have been calculated from catch and effort data in various ways. Even though the purse-seine and baitboat fisheries of the EPO are directed primarily toward yellowfin and skipjack, and the ranges of these two species are similar, there are area-time-fishing mode strata in which the catches of skipjack are negligible, or nearly so. Specifically, skipjack are seldom caught in purse-seine sets on dolphin-associated tuna, and there are areas, e.g. the area off southern Mexico (Figures 4 and 5), where only small amounts of skipjack are caught. Also, as mentioned above, fishermen sometimes pass up opportunities to catch skipjack so they can search for yellowfin. Most investigators have taken these facts into account when calculating indices of abundance for skipjack.

The CPUEs of skipjack, in catch per Class-3 baitboat (101 to 200 short tons capacity) day's fishing, were used as estimates of abundance of skipjack during the 1934-1954 period (IATTC Bull., 1 (7)). No adjustments were made for any of the factors mentioned in the previous paragraph. These estimates are shown in Figure 67.

Another study (IATTC Bull., 13 (1)) was based on purse-seine and baitboat data for 1951-1965. Data for the distributions of the catches for each year were examined, and the data for areas with lesser catches of skipjack were excluded. The areas for which the data were excluded differed among years because the distributions of the areas of greatest catches differed among years. Then the catches per day of fishing were calculated for Class-4 baitboats (201 to 300 tons capacity) for 1951-1965 and Class-4 purse seiners (201 to 300 tons capacity) for 1960-1965, and these were used as indices of abundance of skipjack for those years. These estimates also appear in Figure 67.

In a third study (IATTC Bull., 19 (6)) purse-seine and baitboat data were used to estimate indices of abundance of skipjack for 1961-1984. Twenty-two 5° x 5° areas were recognized as "skipjack areas," and data for fishing effort in other areas were excluded from the analyses. Data for purse-seine sets made on dolphin-associated fish were also excluded. The data were adjusted to compensate for increased successful-set ratios for skipjack over the period under consideration.

Then the catches per day of fishing for Class-3 and Class-6 purse seiners (more than 400 tons capacity) and for Ecuadorian baitboats were calculated. These estimates are also shown in Figure 67.

Most recently, CPUE data for yellowfin and skipjack combined for 1959-1995 have been used to calculate indices of abundance of these two species. The data for 1968-1995 are catch per day of fishing (CPDF) data for Class-6 purse seiners. Those for 1959-1967 are catch per standardized day of fishing (CPSDF) data for Class-4 baitboats, multiplied by 2.82 to adjust for the fact that Class-6 purse seiners are about 2.82 times as efficient as Class-4 baitboats. The adjustment factor of 2.82 was calculated from CPDF data for yellowfin and skipjack combined for Class-6 purse seiners and Class-4 baitboats fishing in the same area-time strata during the 1965-1974 period, when there were sufficient numbers of both types of vessels in the fishery. Because the 1968-1995 data are CPDF data for Class-6 vessels and those for 1959-1967 are adjusted to the equivalent of CPDF for Class-6 vessels, they will henceforth be referred to as CPDF data. The total catches of yellowfin and skipjack combined taken by all surface gear east of 150°W for each year were divided by the CPDF for both species combined for unregulated trips to estimate the total effort in Class-6 purse-seine days. These estimates of total effort were divided into the total catch of yellowfin and the total catch of skipjack to obtain the CPDF for each species separately. No adjustments have been made to compensate for fact that not all of the fishing effort in the EPO is directed toward skipjack. These estimates also appear in Figure 67.

In the opinion of the IATTC staff, none of these estimates is satisfactory, and further studies are warranted.

#### ***Age-structured models***

The yield-per-recruit approach to age-structured modeling is discussed in the subsection dealing with stock assessment of yellowfin. Estimates of the yields per recruit which could be obtained with various combinations of size at entry and fishing mortality are calculated. In most cases the results indicate that (1) the yields per recruit will be greater if smaller fish are not exploited and (2) if fish below the critical size are caught, the yields per recruit will be greater at intermediate than at high levels of effort. However, if the population is not closed, and fish enter the fishing area, stay a short time, and then leave, there may be no reason to avoid the capture of small fish or limit the fishing effort. A yield-per-recruit analysis, based on the assumption that the skipjack of the EPO constitute a closed population, has been performed. The yields per recruit for skipjack with various combinations of natural mortality, fishing effort, and size at entry are shown in Figure 68. The IATTC staff's estimates of size-specific fishing mortality for 1986-1987 and of growth and natural mortality have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	24 cm per year	IATTC Bull., 19 (6)
weight-length relationship	$\log w = 3.336 \log l - 8.250$	IATTC Bull., 4 (2)

An annual coefficient of natural mortality of 1.5 (about 78 percent) was used. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort, *i.e.* 0.5, 1.0, and 2.0 represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1986-1987. Various combinations of fishing

effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by curves. For example, if the size at entry is fixed at 40 cm (about 2.7 pounds or 1.2 kg) the yield per recruit with a multiplier of 1 is about 1.58 pounds (0.72 kg). Sizes at entry of about 40 cm with a multiplier of 1 or about 48 cm (about 5.0 pounds or 2.3 kg) with a multiplier of 2 to 3 would produce the maximum yield per recruit. At the 1986-1987 level of effort an increase in the size at entry from 30 to 40 cm would increase the yield per recruit from about 1.57 to about 1.58 pounds, an increase of less than 1 percent. At the 1986-1987 size-specific fishing mortality, doubling or tripling the fishing effort would result in increases in the yield per recruit to about 1.59 or 1.60 pounds, respectively, increases of less than 2 percent. The greatest possible increase, about 3 percent, could be achieved by increasing the size at entry to about 48 cm and tripling the fishing effort. This is because the losses to the total weight of a cohort of fish by natural mortality exceed the gains to it by growth, even when the fish are less than 50 cm long and presumably growing rapidly.

### *Production models*

Production models, based on indices of abundance of the fish, are discussed in the subsection dealing with stock assessment of yellowfin. Data for CPUE and effort are examined to see if the former is related to the latter; if such is not the case fishing effort may not be affecting the abundance of the fish. Data for CPUE of skipjack and fishing effort in the EPO have been examined, and no significant relationships have been found. The lack of a relationship has been attributed to the possibility that the arrival and departure of skipjack from the central and/or western Pacific has a greater influence on their abundance in the EPO than does the fishery. In addition, however, there is the problem of determining which effort should be considered skipjack effort because, as stated above, skipjack are not the primary target of the fishery.

### *Spawner-recruit relationship*

Spawner-recruit models are discussed in the subsection dealing with stock assessment of yellowfin. It is not possible, due to lack of knowledge of the stock structure, to apply these models to skipjack in the Pacific Ocean in a meaningful way. Skipjack are less heavily exploited than most of the other principal market species of tunas, and it is generally believed that the recruitment of this species has not been affected by reduction in the abundance of spawners due to fishing.

It was pointed out previously that the landings of skipjack were considerably greater during 1975-1982 and 1995 than during other years of the 1961-1995 period, so it would be instructive to examine data on the relationship between fishing effort directed toward skipjack and landings of skipjack. Skipjack are seldom caught in sets made on dolphin-associated tunas, so only sets made on schools associated with floating objects and free-swimming schools are considered. The following annual averages were calculated from the data in Table 4:

Years	Numbers of sets			Landings of skipjack	Ratio of sets to 1983-1994 sets	Ratio of landings to 1983-1994 landings
	Floating object	Free-swimming	Total			
1975-1982	6,291	13,213	19,504	126,676	1.84	1.71
1983-1994	2,827	7,787	10,614	74,288		
1995	3,539	11,960	15,499	138,155	1.46	1.86



(The total numbers of sets on floating objects and on free-swimming schools for each year were estimated by multiplying the logged numbers of sets by the ratio of the total skipjack landings by purse seiners to the logged skipjack landings by purse seiners.) These results indicate that the landings are roughly proportional to the effort, which is not in agreement with the results shown in Figure 68. The disagreement between Figure 68 and the table above could be due to the fact that the skipjack population in the EPO is not closed. Thus, when skipjack are removed from areas where they are most vulnerable to capture, fish from other areas may move to these areas to replace them. If the replacement takes place rapidly, the landings may be roughly proportional to the effort, which appears to be the case in the above table. Also, it can be seen in the bottom panel of Figure 67 that the CPUEs were at about the same levels during the 1975-1982 and 1983-1994 periods.

On the other hand, the disagreement between Figure 68 and the table could be at least partly due to greater discards of skipjack during the 1983-1994 period. It is known that the market demand for skipjack was greater during 1975-1982 than during 1983-1994, so if catches could be substituted for landings in the above table the ratios of the 1975-1982 catch to the 1983-1994 catch would be less than 1.71—perhaps about 1.5 or 1.6. Also, the CPUEs in the bottom panel of Figure 67 would increase more for the 1983-1994 period than for the 1975-1982 period. Data collected by observers during 1993 and 1994 on the discards of skipjack by Class-6 purse seiners indicate that the catches exceeded the landings by about 15 to 20 percent.

Finally, it can be seen in Figure 67 that the CPUEs of skipjack were considerably greater during 1959-1971 than during 1972-1994. As stated previously, when that method is employed, the CPUE of skipjack for a given year is calculated by dividing the total catch of skipjack by the total effort for that year. During the late 1950s and the 1960s there were not many boats capable of fishing in offshore areas, so the fleet concentrated most of its effort in coastal areas where skipjack are more abundant and/or more vulnerable to capture. This is probably the principal reason for the greater CPUEs during 1959-1971. As stated above, attempts have been made to establish criteria for skipjack effort, but the results have not been entirely satisfactory.

### ***Considerations for 1996***

It is reasonably certain that skipjack are underfished in the EPO. This situation could change, however, so it is important to learn more about this species and its relationships with the environment.

## **BIGEYE TUNA**

The world catches of bigeye are less than those of skipjack and yellowfin, but greater than those of albacore and northern and southern bluefin. Bigeye are most often consumed fresh, whereas skipjack and yellowfin are usually canned. Since the prices are much higher for fish which are destined for fresh-fish markets, bigeye are, from an economic standpoint, an extremely important component of the world catches of tuna. During the 1965-1993 period, 24 to 43 percent of the world catches of bigeye came from the eastern Pacific Ocean (EPO) (Table 21).

Bigeye are caught mostly by longlines, which fish well beneath the surface of the water. During the early 1950s there was little longline fishing in the EPO, and hence the catches of bigeye in that area were low. During the mid-1950s, however, Japanese longline vessels began to fish in the EPO, and the catches of bigeye increased. Accordingly, beginning during the early 1960s, this species was given more attention by the IATTC staff. During the 1963-1995 period six Japanese scientists from the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF)

have spent time in La Jolla working with IATTC scientists on the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the EPO. During late 1993 fishermen operating in the EPO discovered that bigeye associated with floating objects, but well beneath the surface of the water, can be detected with sonar and caught with purse seines. Many of these floating objects were fish-aggregating devices (FADs) placed in the water by the fishermen. Most of these catches of bigeye were taken between 5°N and 10°S. Accordingly, beginning in 1995, the IATTC staff further increased its studies on bigeye, principally to estimate the effects of increased catches by the surface fishery on the longline fishery and on the sustainable yield.

### ***Fisheries***

#### ***The surface fishery***

Bigeye are caught near the surface of the water by purse seiners, baitboats, trollers, and recreational fishing vessels. The catches of bigeye by purse seiners are much greater than those of all other types of surface-fishing vessels combined. The purse-seine catches increased during the late 1960s and the 1970s, declined after 1981, and then rose dramatically in 1994 and 1995 (Table 21). The distributions of the logged catches of bigeye by purse seiners in the EPO during 1979-1993, 1994, and 1995 are shown in Figures 6, 7, and 8. The catches south of 10°S were less during 1994 than during 1979-1993 or 1995. In 1995, for the first time, substantial catches were made west of 110°W.

The increased purse-seine catches of bigeye during the late 1960s and the 1970s were apparently due to two factors. First, the actual catches probably increased because there were regulations for yellowfin, but not for bigeye, during the 1966-1979 period, which in some instances caused fishermen to seek out bigeye in preference to yellowfin. Concurrently with this, the fishermen's skill in catching bigeye probably increased. Second, the statistics collected after the mid-1960s are more accurate. Bigeye and yellowfin caught by the surface fishery have, in most years, brought the same price to the fishermen, so bigeye have often been reported as yellowfin. Since the advent of regulations, however, the two species have more often been reported separately, and in locations where they are not there has been better coverage by IATTC employees, who estimate the proportions of the two species in mixed landings. A recent study (IATTC Annual Report for 1991: 34-35) indicates that bigeye were not misidentified as yellowfin during the 1987-1989 period. During 1994 most of the canneries began paying slightly lower prices for bigeye than for yellowfin, decreasing the likelihood that bigeye are reported as yellowfin.

As stated above, the increased catches of bigeye during 1994 and 1995 were apparently due to the development of new methods for catching bigeye associated with floating objects.

During the 1971-1991 period about 62 percent of the purse-seine catches of bigeye was taken in unassociated schools, 33 percent in schools associated with floating objects, and 5 percent in schools associated with whales, sharks, or dolphins (IATTC Bull., 20 (8)). There was considerable overlap in the lengths of the bigeye taken by the surface and longline fisheries. The average catch of bigeye per successful set was 23 short tons (22, 28, and 17 tons for unassociated schools, floating-object schools, and schools associated with whales, sharks, or dolphins, respectively). (A "successful" bigeye set is defined as a set in which 0.5 ton or more of bigeye was caught, regardless of the catch of other species in the same set.) During 1995 the average catch of bigeye per successful set was 28 tons (24 tons for unassociated schools and 28 tons for floating-object schools).

During the 1990-1993 period less than half of the sets in which bigeye were caught were made on fish associated with floating objects, and about half of the bigeye caught were taken in

such sets (Table 4). In 1994 and 1995, however, 90 to 95 percent of the bigeye sets were made on floating objects and 90 to 95 percent of the bigeye caught came from such sets.

During 1994 and 1995 69 percent of the sets in which bigeye were taken included yellowfin, and 81 percent of the sets in which bigeye were taken included skipjack. In the mixed schools, the percentages, by weight, of the catches of each species were as follows: 1994, bigeye, 55; yellowfin, 9; skipjack, 36; 1995, bigeye, 43; yellowfin, 11; skipjack, 46.

The length distributions of bigeye caught in the EPO by surface gear during each year of the 1990-1995 period are shown in Figure 20. Those caught during 1994 and 1995 tended to be smaller than those caught during 1990-1993. Data on the length frequencies of bigeye caught in free-swimming schools and in floating-object schools are shown in Figure 69. The year-quarter combinations in the bottom two panels were selected because adequate numbers of fish from both types of schools had been measured in those strata. The fish from the floating-object schools tend to be smaller than those from the free-swimming schools.

### *The longline fishery*

Studies of the Japanese longline fishery conducted jointly by Japanese and IATTC scientists (IATTC Bull., 9 (6), 11 (2), 11 (3), 13 (2), 16 (2), 19 (1), and 20 (5)) include analyses of data on trends in effort and catches, horizontal, vertical, and temporal distributions of catches, trends in apparent abundance, size composition, and maturity of bigeye.

The distributions of the effort, in numbers of hooks, and the catches per unit of effort (CPUEs; numbers of fish caught per 100 hooks) of bigeye by Japanese longliners in the EPO, averaged over the 1988-1992 period, are shown in Figures 70 and 71. There were almost no catches in the area north of about 10°N and east of about 125°W during any quarter. The greatest CPUEs were recorded (1) between Ecuador and 120°W and 10°S and 5°N throughout the year, (2) northeast of Hawaii between 20°N and 33°N and 122°W and 140°W during the first and fourth quarters, and (3) off southern Peru and northern Chile between 18°S and 25°S and 80°W and 90°W during the third quarter.

The distribution of effort did not coincide well with the areas of greatest CPUEs of bigeye, even though bigeye was the most important species of fish caught by Japanese longliners. For example, heavy concentrations of effort are apparent in equatorial waters (8°N to 15°S and west of 100°W), but the CPUEs of bigeye in this area were not particularly high. Furthermore, although the CPUEs for bigeye were fairly high northeast of Hawaii and off southern Peru and northern Chile, not much effort was exerted in these areas. This may be because in the equatorial region bigeye could be caught throughout the year and the fish tended to be large, whereas in the higher latitudes the occurrence of bigeye was more seasonal and the fish tended to be smaller.

A study utilizing general linear models to standardize the CPUEs of bigeye in the EPO (IATTC Bull., 20 (4)) was completed in 1992. The effects of years, seasons, areas, and depths of fishing were considered, and all were found to have significant effects on the CPUEs.

Length-frequency data for bigeye caught by longlines in the EPO between 40°N and 35°S during 1987-1992 are shown in Figure 72. The length compositions and average weights did not vary much during this period, but the average weights (Table 22) showed greater variation during years prior to 1987.

### *Catch statistics*

Data on the Japanese longline fishery for tunas, including catches by species, location (5-degree areas), date (year and month), and length and/or weight frequencies of sampled fish are

made available to the IATTC by the NRIFSF. In addition, the Tuna Research Center, Institute of Oceanography, National Taiwan University, and the National Fisheries Research and Development Agency of Korea, furnish data on the catches of fish of each species by longline vessels of the Republic of China (ROC) and the Republic of Korea (ROK) in the EPO. Data on the longline fisheries of Western Hemisphere nations are obtained from various government organizations and from industry sources.

Data on the catches, in numbers and weights of fish, and average weights of the fish are shown in Tables 22-24. Most of the longline catches of bigeye in the EPO are made by Japanese vessels (Table 22). The catches by surface gear in 1994 and 1995 were much greater than those of previous years (Table 23). The total catch of bigeye by all gears (Table 24) averaged 66 thousand tons per year for the 1971-1985 period and 109 thousand tons per year for the 1986-1995 period.

The average size of fish caught by Japanese longline vessels declined from the early 1970s to the early 1980s (Table 22). In 1983 the average size was greater, and it remained high through 1992, except for 1985. These changes in average size might be related to increasing use of deeper-fishing longlines, with 12 or 13 hooks per basket, which began at about the same time (IATTC Bull., 20 (5): Figure 7). The average weights of bigeye caught by the surface fishery have been highly variable (Table 23), but the numbers of samples taken were small, except in 1994 and 1995.

### ***Stock assessment***

In general, there are three approaches to the analysis of the effects of fishing on a population of fish, age-structured modeling, spawner-recruit modeling, and production modeling. Application of these to bigeye tuna in the EPO is discussed below. These analyses should be considered as preliminary, as little is known about the rate of exchange of fish between the EPO and the central and western Pacific. Also, there is insufficient information on important parameters, such as age- and sex-specific growth and natural mortality, size at which the fish reach sexual maturity, *etc.* In addition, there are problems with spatiotemporal stratification of the size data and standardization of the longline effort and CPUE data. As will become apparent below, the results obtained with various trial values of natural mortality differ considerably, so more precise estimates of this parameter would be of great value.

### ***Indices of abundance***

The simplest index of abundance of bigeye in the EPO is the catch, in numbers of bigeye, by longline gear divided by the number of hooks fished, either for the entire EPO or for the areas within the EPO in which the catches of bigeye are greatest (IATTC Bull., 20 (5)).

During the mid-1970s, Japanese longliners began to use gear with wider spacing between buoys and more hooks per basket, particularly in equatorial waters, and the use of longlines with this configuration spread poleward during the ensuing years. These are called deep longlines. The hooks which are furthest from the buoys of deep longlines hang at greater depths than do any of the hooks of conventional longlines. Bigeye spend more time in and below the thermocline than do most other species (Fish. Ocean., 3 (3): 204-216), so the shift to deep longlines should have increased the fishing power of longlines for bigeye. (It should be noted, however, that the numbers of hooks fished per day remained about the same, and that many of the hooks of deep longlines fish at the same depths as those of the conventional longlines.) General linear modeling (GLM) was used (IATTC Bull., 20 (4): Figure 3) to compensate for differences in the longline CPUEs of bigeye in various area, season, and depth strata. More recently, a modification of the

GLM method has been used with longline CPUE data for bigeye to produce standardized estimates of the relative abundance of that species in the EPO during the 1975-1994 period. Two models were employed. The year effects in each model were used as annual indices of abundance, standardized by the other factors. The first model used the computer program SAS GLM, with the natural logarithm of the CPUE (defined as 1 + number of bigeye caught per thousand hooks) as the dependent variable. The second model used the computer program SAS GENMOD, employing the Poisson distribution of bigeye catch with an offset of the natural logarithm of the fishing effort in number of hooks. The analyses showed significant interactions between years and areas, so separate analyses were run for each area. Similar results were obtained for the two models for each area, with years, bimonthly periods, maximum depths at which the hooks fished, and interactions between bimonthly periods and maximum depths at which the hooks fished being significant in every case. CPUEs for the entire EPO (Figure 73) were calculated from weighted averages of the CPUEs for the individual areas.

### *Age-structured modeling*

Age-structured modeling can be carried out in many ways. Cohort analyses and yield-per-recruit (YPR) analyses produce the most information, so only these are considered in detail for bigeye in this report.

Certain assumptions have been made to facilitate the analyses. These include: (1) there is a single stock (as defined in IATTC Bulletin, Vol. 17, No. 5) of bigeye in the EPO, and the rate of exchange of fish between the EPO and other parts of the Pacific Ocean remained the same over the study period; (2) the instantaneous rate of natural mortality ( $M$ ) is constant after the fish are recruited into the fishery, is the same for both sexes, and does not vary from year to year; (3) the growth rates are the same for both sexes and vary from year to year only to the extent permitted by the constraints required for fitting normal length-frequency distributions, as described below.

Tagged bigeye released in the Coral Sea, near Australia, have been recaptured as far away as Hawaii, but most of the fish recaptured had travelled much shorter distances. The same is probably the case for bigeye in the EPO. Actually, the ratio of males to females tends to be significantly greater than 1 for larger fish (Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 1: 57-98), implying that older females grow more slowly than do older males or that older females have a higher rate of natural mortality than do older males. The amount of information available is insufficient to incorporate differential growth or mortality into the calculations, however.

As a first step in cohort analyses, the fish in the catches must be assigned to cohorts. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time; more information about the cohorts of bigeye which exist in the EPO will be given later.) Then estimates are made of the numbers of fish of each cohort at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers which are caught and which die during each interval. The information needed for these calculations includes the numbers of fish of each cohort in the catch during each time interval, an estimate of the natural mortality rate, and an estimate of the fishing mortality rate for at least one time interval with catch for each cohort. These are called the "initiating" rates of fishing mortality. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency data, combined with one or more equations for the weight-length relationship(s).

The basic data used for the cohort analyses of bigeye tuna in the EPO are: (1) catches of bigeye, in numbers of fish, by longline vessels of Japan, the ROC, and the ROK, by area (Figure 74), year (1971-1992), and month; (2) length-frequency data for bigeye caught in the EPO by longline vessels of Japan, by area, year, and month; (3) catches of bigeye, in tons, by purse seiners and baitboats, by area (Figure 13), year (1971-1995), and month; (4) length-frequency data for bigeye

caught in the EPO by purse seiners and baitboats, by area, year, and month; (5) weight-length equations for longline- and purse seine-caught bigeye. The data for the purse-seine and baitboat fisheries were collected by the IATTC staff. The catch data for the Japanese, ROC, and ROK longline vessels were combined with length-frequency data for the Japanese longline vessels to estimate the catches (stratified by area (Figure 74) and time) by the longline fishery, by 1-cm intervals, for 1971-1992. The average weights of the fish were estimated from the length-frequency distributions and the appropriate weight-length equation. Equivalent estimates of the length frequencies of the fish caught with longlines during 1993-1995 were made by averaging the data for 1990 through 1992. Likewise, the catch and length-frequency data for the purse-seine and baitboat fisheries were used to estimate the surface catches, stratified by area (Figure 13) and time, by 1-cm intervals, for 1975-1995. Equivalent estimates of the surface catches for 1971-1974 were made by combining catch data for those years and average length-frequency data for the surface fishery for 1975-1993. The longline and surface data were then combined to provide monthly estimates of the catches in all areas combined, in numbers of fish and in tons, by 1-cm intervals. The length-frequency distributions indicate that there are two cohorts, the X cohort, recruited in July at about 30 cm, and the Y cohort, recruited in January, also at about 30 cm. Accordingly, if the fish live for 10 years, there could be as many as 20 cohorts present in the catch of each month. The catch frequencies, by age, of the combined X and Y cohorts are shown in Figure 75.

The length frequencies were then converted to age frequencies by fitting a distribution composed of 20 normal distributions to each monthly length-frequency distribution. The estimation of the 20 means for each month was constrained by the growth curve (estimated from modal progressions), and the estimation of the 20 standard deviations for each month was constrained by the ranges demonstrated by modal groups within the length distribution.

The monthly catch-at-age data for each cohort present in the fishery during the 1971-1995 period (X62 through X95 and Y62 through Y95 cohorts) were analyzed. Since the annual natural mortality rate ( $M$ ) is believed to be between 0.4 and 0.8, the analyses were performed with values of 0.4, 0.6, and 0.8 assigned to  $M$ . Each analysis was begun by guessing the rate of annual instantaneous fishing mortality ( $F$ ) for the last month in which fish of each cohort were caught. These initiating values of  $F$  were then adjusted until estimates of the numbers of fish in the population which were compatible with the standardized longline CPUEs (IATTC Bull., 20 (4)) were obtained (Figure 76). The final choice for each cohort permits the estimation of the number of bigeye in that cohort at the beginning of each month and estimation of  $F$  for that cohort for each month. The estimated average numbers of fish of each age group of each cohort in the population during July of each year are shown in Table 25, and the corresponding values of  $F$  for four groups of fish are shown in Table 26. (In Table 25 the first line lists the estimated populations of age-0 through age-9 fish in 1971, so the age-0 fish are members of the X71 and Y71 cohorts, the age-1 fish are members of the X70 and Y70 cohorts, and so on. In Table 26 the columns headed by 1971-79, 1980-87, 1988-93, and 1994-95 list estimates of  $F$  for fish of ages 0 through 9 during those periods.) The average weights at age were estimated from the estimates of the catches in numbers and weights of fish; estimates at quarterly intervals are listed in Table 27. Estimates of the biomass of the population calculated from the estimates of the population sizes (Table 25) and average weights (Table 27) are shown in Figure 77.

The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can usually be distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. In addition, the estimates of  $M$  are little more than guesses. Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, oceanographic conditions, and other circum-

stances, the growth rates vary, and the times of recruitment vary. All of these introduce "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

Cohort analysis also provides estimates of the recruitment for each cohort for each value of  $M$  and each set of initiating  $F$  values; those for the initiating values of  $F$  which produced the fits in Figure 76 are shown in Figure 78. The YPR for each cohort (Table 28) was calculated from the values of  $M$ , the estimates of age-specific  $F$  for each month, the estimates of recruitment (Figure 78), and the estimated average weights of fish of each age (Table 27) for the cohorts with complete life histories in the fishery (*i.e.* the 1971 through 1986 cohorts).

### ***Spawner-recruit analyses***

At least some of the individuals of a population of fish must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the size at which they are first harvested there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have entered the fishery, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners would be so reduced that the recruitment in subsequent years would be reduced. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners would reduce the recruitment in subsequent years, as this does not appear to be the case for any species of tropical tuna within the range of abundance of spawners observed.) Data on relative abundances of fish of ages 3 through 9, which are presumed to be spawners, and recruits (age-0 fish) obtained from the cohort analyses are shown in Figure 79. There is no evidence from these data that these two variables are correlated, which is not surprising in view of the fact that the abundance of spawners did not vary much over the period in question. This relationship should continue to be monitored, however, particularly if the abundance of spawners becomes reduced.

### ***Production modeling***

Production models, in contrast to age-structured models, make use of data on the population as a whole, rather than on individual fish. The only data required are catch and standardized CPUE. Standardization of CPUE data is nearly always a problem for multispecies fisheries, as vessels fishing in different area-time-gear configuration strata may be concentrating on different species, even though they may catch individuals of several species. The CPUEs listed in Table 29 and abundance indices computed with the logarithmic model (Figure 73), both adjusted to means of 1.0, are shown in Figure 80. The two indices are nearly the same, despite the fact that, as pointed out above, the vulnerability of bigeye to capture should have increased with the switch from conventional to deep longline gear. As mentioned previously, in late 1993 purse-seine fishermen learned how to detect bigeye associated with floating objects, but well below the surface, with sonar, and catch them, so purse-seine effort for the 1971-1993 period is not equivalent to purse-seine effort for the 1994-1995 period. This does not create a problem, however, as only longline data were used in the production analyses described here.

For this study, it was assumed (1) that there is a single stock of bigeye in the EPO and no exchange of fish between the EPO and other parts of the Pacific Ocean, (2) that all longline effort in the EPO has the same probability of catching bigeye and that the efficiency of the longline gear did not change during the 1971-1994 period, and (3) that the longline CPUEs are indicative of the relative abundance of bigeye of all ages taken by the surface and longline fisheries. (The last assumption is not satisfied, of course.)

Data on the total catches and on the CPUEs by Japanese longline vessels are given in Table 29. The total catches were divided by the CPUEs to obtain estimates of the total effort (Table 30). As the indices in Table 29 are not much different from those obtained with the gen-



eralized linear model, the estimates from the Japanese data for 1971-1992 in Table 30 were combined with the estimates calculated with the generalized linear model for 1993 and 1994 (also in Table 30) and used in the analyses which follow.

The data were fit to the equation for the production model by minimizing the sums of squares between the observed catches and those predicted by the fitted model (IATTC Bull., 13 (3)). The fitting was done for three different values, 2.0, 0.7, and 0.3, of  $m$ , the shape parameter. When  $m = 2$  the equation for equilibrium catch *versus* effort takes the form of a parabola; when it is less than 2 the curve is skewed to the right, indicating that the catch declines less dramatically as effort increases beyond the optimum. The results are shown in Table 31 and Figures 81-83. (The curves corresponding to values of 0.7 and 0.3 are nearly the same, so those for 0.3 are not shown in Figures 81 and 82. The predicted values corresponding to all three values of  $m$  are virtually the same, so only those for  $m = 0.7$  are shown in Figure 83.) In all three cases the effort corresponding to the maximum sustainable yield (MSY) is more than the maximum effort exerted through 1994 (Table 30), and in two of the three cases the MSY is more than the maximum catches through 1994 (Table 30).

The estimates of the parameters (Table 31) for the production models for these data are not very reliable. Different criteria for estimation gave different results, but all the estimates indicate that the current level of effort is not greater than the optimum. There is considerable variation between the observed CPUE and the values predicted by the model (Figure 83). Most of the variation in the CPUE was the result of changes in recruitment, rather than changes in population size caused by removal by the fisheries. Recent changes in the surface fishery, which catches fish which are younger than those caught by the longline fishery, will complicate the use of the production models in the future by changing the catchability of the population.

### ***Interaction between the longline and surface fisheries***

The age-specific estimates of the catches of fish obtained from the cohort analyses (Figure 75) were partitioned into separate estimates for the longline and surface fisheries (Figure 84). Likewise, the estimates of total  $F$  (Table 26) were partitioned into separate estimates for longlines and surface gear by calculating the portions of the total catches at each age made by each gear (Figure 85).

The interaction between two types of gear can be estimated by simulation of catch histories, using estimates of recruitment, natural mortality, and relative distribution of fishing mortality among fish of different ages obtained from cohort analyses with various multipliers of the vectors of  $F$  (which are directly proportional to the vectors of fishing effort) for one or both gears. This was done for bigeye in the EPO by (1) changing the estimates of  $F$  for the surface fishery, while leaving those for the longline fishery the same, and (2) changing the values of  $F$  for both gears simultaneously. Two methods were used for evaluating the results of changes in fishing effort.

First, traditional YPR analyses were carried out for each of the three levels of  $M$ , using estimates of  $F$  partitioned into surface and longline fishing. The resulting catches are partitioned into those taken by longline gear and those taken by surface gear. For each value of  $M$ , two vectors of  $F$ , corresponding to the amounts and age-specific distributions of effort during 1982 and 1994, were selected to represent periods of low and high surface catches. The results are shown in Figure 86.

Second, simulation studies were carried out to predict what the catches for 1994-2005 would be with the following patterns of effort, all based on the average vectors of  $F$  for longlines and for surface gear for 1994-1995:



Pattern	Multiplier of 1994-1995 surface fishing effort	Multiplier of 1994-1995 longline fishing effort
A	0.1	1.0
B	1.0	1.0
C	2.0	1.0
D	2.0	2.0

The results are shown in Table 32, and in Figure 87 (for both types of gear combined) and Figure 88 (with separate estimates for the two types of gear). The estimated biomasses of all fish and of fish of ages 3 through 9 with no fishing and with Patterns A, B, C, and D are shown in Figure 89. With Patterns B, C, or D, the abundance of fish would be considerably reduced if  $M = 0.4$ , moderately reduced if  $M = 0.6$ , and only slightly reduced if  $M = 0.8$ .

### Discussion

The uncertainty about the natural mortality rate makes interpretation of the cohort analyses difficult. Different values of  $M$  produce widely differing estimates of YPR, amount of interaction between the surface and longline fisheries, reduction in biomass with different patterns of fishing, and amount of effort necessary to achieve the MSY. The biomass of the stock has been relatively stable, although it declined after the mid-1980s (Figure 77). Similarly, the annual recruitment appears to have been relatively constant during the 1971-1995 period, fluctuating between lows in 1981 and highs in 1983 (Figure 78). The YPRs for the 1971 through 1985 cohorts (Table 28) did not fluctuate very much, which is not surprising, considering the fact that few of the fish caught were in the size range taken in large numbers by the surface fishery during the 1994-1995 period.

In Figure 90 are shown (1) the total longline effort, as measured by the numbers of hooks deployed by longline vessels, and (2) six estimates of fishing mortality, for both gears combined, corresponding to fish of ages 3 through 7 (the ages most likely to be taken by the longline fishery) for the two cohorts and three levels of  $M$ . The fishing effort has increased with time, especially during 1971-1978, 1985-1987, and 1989-1991, and it is apparent that the estimates of  $F$  are correlated with amounts of fishing effort for the same years. However, the increase in the estimates of  $F$  which took place between 1982 and 1983 is, for unknown reasons, not reflected by a corresponding increase in fishing effort.

YPR analyses indicate that effort at the 1982 level (multiplier of 1 in Figure 86) was less than optimum for all values of  $M$ . The YPRs are much greater for  $M = 0.4$  than for  $M = 0.8$ , however. YPR analyses with effort at the 1994 level produce substantially different results, especially for the surface fishery. With  $M = 0.4$  the effort was greater than optimum, with  $M = 0.6$  it was slightly less than optimum, and with  $M = 0.8$  it was substantially less than optimum. Estimates of the catches, by gear, of bigeye during the 1996-2005 period, with the four patterns of fishing effort described above, are shown in Figure 87. The surface fishery has little effect on the longline fishery with Pattern A, corresponding to the purse-seine fishery previous to 1994, regardless of  $M$  (Figure 88). With Patterns B, C, and D, however, corresponding to the purse-seine fishery of 1994-1995 or increased purse-seine catches, there is considerable effect on the longline fishery, especially at higher levels of effort and lower values of  $M$ .

Clearly, if  $M$  is low (about 0.4) and the effort of the surface fishery remains at the 1994-1995 level the total catch will be reduced, and if the effort of the surface fishery increases further the total catch will be further reduced. However, if  $M$  is greater (about 0.6 to 0.8), and the effort

of the surface fishery remains at the 1994-1995 level, or increases, the total catch will probably increase, although the catch of the longline fishery would be less than if the surface fishery were at the 1982 level.

The effects of different patterns of fishing on the biomasses of all fish and of fish of ages 3 through 9 are shown in Figure 89. Patterns B, C, and D would apparently reduce the spawning biomass, especially if  $M = 0.4$ , but it is not known if any of the estimated reductions in biomass would affect the recruitment of bigeye.

Production modeling, which does not require assumptions about natural mortality, indicates that the present level of effort is less than optimum (Figure 81). The results shown in Figure 86 indicate that the purse-seine catches of 1994, with  $M = 0.4$  and an effort multiplier of 1, should reduce the longline and total catches. If this does not happen within the next two or three years it will probably indicate that  $M$  is greater than 0.4.

### NORTHERN BLUEFIN TUNA

Northern bluefin tuna occur in both the Atlantic and Pacific Oceans. The world and Pacific Ocean catches of northern bluefin are much less than those of skipjack, yellowfin, bigeye, or albacore, but the fishery is still of considerable economic value. The annual catches of northern bluefin in the Pacific Ocean for the 1952-1995 period are shown in Table 33. Surface gear accounts for the majority of the catches in both the eastern Pacific Ocean (EPO) and the western Pacific Ocean (WPO). In the EPO the catches were below average during 1980-1984, about average during 1985 and 1986, and below average during 1987-1995. In the WPO the catches were well above average during 1978-1983 and about average during 1984-1992, except for 1988 and 1990, when the catches were well below average.

In the EPO nearly all of the catch of bluefin tuna is made by purse seiners fishing relatively close to shore off California and Baja California. The fishing season typically extends from May to October, although sporadic catches are made in other months. The 1995 commercial catch of about 654 tons was the second-lowest of the 1952-1995 period. During 1995 logged catches of bluefin were made between 29°N and 33°N during July and August.

The staff of the IATTC has been studying bluefin tuna on a modest scale since 1958, when 122 purse seine-caught bluefin were tagged and released near Guadalupe Island, Mexico. Prior to 1979 the work consisted mostly of collection of logbook data and measurement of samples of fish caught by purse seiners in the EPO to estimate their length compositions. Since 1979, however, more has been done. In 1979 a review of information pertinent to stock assessment of this species was prepared (IATTC Internal Report 12). Also, data on the surface catches of bluefin in the EPO by area, date, vessel size class, size of school, type of school, *etc.*, were assembled, analyzed, and published in 1982 in IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 2. In addition, purse seine-caught bluefin were tagged in the EPO in 1979 and 1980, and troll- and trap-caught bluefin were tagged in the WPO by IATTC employees who were stationed in Japan intermittently during 1980-1982. Also, research has been conducted on determination of the age and growth of bluefin from hard parts (IATTC Bull., 21 (2)).

Bluefin tuna taken by the commercial fishery of the EPO were measured during each year of the 1952-1971 period by employees of the California Department of Fish and Game. Since then the sampling has been conducted by the staff of the IATTC. Analysis of these data has produced estimates of the catches of bluefin, in numbers of fish of the various age classes, for the 1952-1991

period (IATTC Bull., 20 (9)). These, and comparable estimates for the WPO made by a scientist from the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) of Japan, are listed in Table 34. Length-frequency histograms of the bluefin caught in the EPO during 1990-1995 are shown in Figure 21. During 1993, for the first time, due to limited availability of commercially-caught bluefin, fish caught by the sport fishery were measured. Most of the samples of bluefin obtained during 1993, 1994, and 1995 were from fish caught by sport fishermen. Nearly all of these fish were caught near where purse-seine vessels were fishing and during the same time periods.

The results of the tagging experiments described above, plus experiments conducted in the EPO during 1962-1968 by the U.S. Bureau of Commercial Fisheries (now the U.S. National Marine Fisheries Service), the California Department of Fish and Game, and the Mission Bay Research Foundation and in the WPO during 1980-1988 by employees of the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL; now the NRIFSF) of Japan are discussed in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1.

Analysis of the data for the bluefin tuna released and recaptured in the EPO indicates seasonal north-south movement, with the fish being furthest south during May-June and furthest north during July-October. Ten returns of fish released in the EPO and recaptured in the WPO have been obtained, all from fish which were at liberty more than 22 months.

The fish released and recaptured in the WPO, like those released and recaptured in the EPO, tended to move northward in the spring and summer and southward in the fall and winter. The migrations from the WPO to the EPO are of particular interest. Some year classes, *e.g.* those of 1983 and 1984, produced large numbers of migrants and others did not. The best catches during the 1980s in the EPO were made in 1985 and 1986 (Table 33), and these consisted mostly of age-2 fish of the 1983 and 1984 year classes. (In this section fish in their first year of life are referred to as 0-year-olds, age-0 fish, or fish 0 years of age, fish in their second year of life are referred to as 1-year-olds, age-1 fish, or fish 1 year of age, and so on.)

During 1993 joint experiments were conducted by staff members of the Japan Sea Farming Association (JASFA) and the IATTC at JASFA's Yaeyama Station on Ishigaka Island, Okinawa Prefecture, to study the early life history of bluefin tuna. The purpose of the experiments was to determine the optimum conditions (*e.g.* temperature, light, food type, and food concentration) for culture of bluefin larvae. These joint experiments represent the first experimental studies ever undertaken of bluefin tuna larvae.

Four workshops on assessment of bluefin tuna have been held during the last few years. The first, held in October 1985 in Shimizu, Japan, involved scientists from the FSFRL and the IATTC. This workshop was concerned only with northern bluefin in the Pacific Ocean. The second workshop, sponsored jointly by the IATTC and the Australian Fisheries Service and involving scientists from all over the world, was held in La Jolla, California, USA, in May 1990. Bluefin stocks of the Pacific, Indian, and Atlantic Oceans and the Mediterranean Sea were discussed at that workshop. The proceedings of the workshop were published as Special Report 7 of the IATTC. The third workshop, held in La Jolla in April 1993, involved only scientists from the NRIFSF and the IATTC and was concerned only with northern bluefin of the Pacific Ocean. A list of 14 projects which should be worked on during the next year was prepared at this workshop. The fourth workshop, held in February 1995 in Shimizu, Japan, was also concerned only with northern bluefin of the Pacific Ocean; it involved participants from the NRIFSF, the IATTC, the Tuna Research Center of National Taiwan University, and the Tohoku National Fisheries Research Institute of Japan, plus observers from several other organizations.

### ***Life history and relationships between fish of the WPO and the EPO***

The information in this section is presented as background necessary for understanding the section on stock assessment which follows it.

Larvae of bluefin tuna in the Pacific Ocean have been found only in the vicinity of Japan, and it is assumed that spawning occurs only in that area. Spawning occurs during the spring and summer, but in this subsection, for simplicity, it is assumed that the fish are hatched on January 1. Some fish apparently remain their entire lives in the WPO. Others migrate to the EPO; these migrations begin mostly, or perhaps entirely, during the first and second years of life. The first-year migrants are exposed to the summer and fall troll fisheries for small bluefin and other species off Japan before beginning their journey to the EPO in the fall or winter. The second-year migrants are also exposed to the winter troll fishery and other fisheries which take place in the vicinity of Japan before beginning their journey to the EPO in the spring, summer, or fall. The migrants, after crossing the ocean, are fished by purse seiners off California and Baja California. Eventually, the survivors return to the WPO.

The catches of bluefin tuna in the EPO consist mostly of age-1 and age-2 fish. The catches of age-2 fish in the EPO exceed those of age-2 fish in the WPO in most years, whereas the opposite is the case for age-3 fish (Table 34). This probably indicates that the population of age-2 fish is greater in the EPO and that of age-3 fish is greater in the WPO, although it is possible that area- and/or size-related differences in fishing effort and/or vulnerability to capture are responsible for the differences in the catches. Studies of statistical, length-frequency, and tagging data have resulted in the formulation of the following scenarios for the migration of fish between the EPO and the WPO:

1. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds during year  $i$ , mostly in June or July, and begin their return journey to the WPO as 2-year-olds late in year  $i + 1$  or as 3-year-olds early in year  $i + 2$ ;
2. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds during year  $i$ , mostly in June or July, and begin their return journey to the WPO as 1-year-olds late in year  $i$  or as 2-year-olds early in year  $i + 1$ ;
3. The fish arrive in the EPO as 2-year-olds early in year  $i + 1$  and begin their return journey to the WPO as 2-year-olds late in year  $i + 1$  or as 3-year-olds early in year  $i + 2$ ;
4. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds early in year  $i$  and begin their return journey as older fish;
5. The fish arrive in the EPO as 2-year-olds early in year  $i + 1$  and begin their return journey as older fish;
6. The fish arrive in the EPO at ages greater than 2 and subsequently return to the WPO;
7. The fish do not migrate to the EPO at all.

Scenario 7 probably applies to most of the fish of some year classes. This could at least partly explain the reduced catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s. An eighth scenario is a combination of Scenarios 1, 2, 3, 4, or 5 with Scenario 6, *i.e.* the fish migrate more than once from the WPO to the EPO.

The above does not take into account the possibility that some fish may begin trans-Pacific migrations, but turn back before reaching their destination. The fact that bluefin tuna nearly disappear from the EPO during the winter and early spring may indicate that these fish occupy areas outside the range of the surface fishery during this period. Considerably more data for the central Pacific Ocean (CPO) would be required to establish whether this occurs and, if so, to what extent.

Data for the Japanese high-seas longline fishery for tunas have been made available to the IATTC staff by the NRIFSF. The data include summaries of the catches, by species, in numbers of fish, by year (1952-1986), month, and 5-degree area and summaries of the effort, in numbers of hooks, by year, month, and 5-degree area.

Scrutiny of the monthly distributions of the catches reveals that the fish are distributed furthest to the west during the spring and furthest to the east during the fall (Figure 91). It is not surprising that the fish are concentrated in the vicinity of Japan during the spring, as bluefin spawn mostly during the spring, and bluefin larvae have been found only in the open ocean in the vicinity of Japan during the spring and in the Sea of Japan during the summer. Exceptionally large bluefin were caught by purse seiners in the EPO during November and December of 1988 (Calif. Fish Game, 76 (3): 181-186). These fish may have appeared in the EPO fishery because they were distributed further to the east during the fall of 1988 than is usually the case.

### ***Stock assessment***

#### ***Abundance of juvenile bluefin in the EPO***

A discussion of various indices of abundance of bluefin tuna in the eastern Pacific Ocean appears in IATTC Internal Report 23. The "habitat index" and the "bluefin vessel index" are probably the most reliable of these.

#### ***Habitat index***

Bluefin tuna are most often caught by purse-seine vessels in the EPO in waters with sea-surface temperatures of 17° to 23°C (62.6° to 73.4°F) (FAO Fish. Rep., 6 (2): 380-421), so it was assumed that fishing effort exerted by tuna purse seiners off California and Baja California in waters of that temperature range during May through October is bluefin effort, regardless of whether bluefin were caught. The sums of the logged catches of bluefin in the EPO during May through October of each year were divided by the corresponding sums of the logged purse-seine effort in the 1-degree areas which were suitable bluefin habitat to get the annual catches per unit of effort (CPUEs). These data appear in Figure 92. They appear to indicate that both reduced availability and reduced fishing effort have contributed to the reduced catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s.

#### ***Bluefin vessel index***

For this method, it is assumed that the fishing effort directed toward bluefin tuna is proportional to the numbers of vessels which direct substantial portions of their effort to fishing for bluefin. Accordingly, each vessel of the purse-seine fleet was classified each year as a "bluefin vessel" or a "non-bluefin vessel." If a vessel caught bluefin in a given year and in two or more of the four closest adjacent years (two years before and two years after the year in question), it was classified as a bluefin vessel for that year. Otherwise it was classified as a non-bluefin vessel. The criteria were relaxed for vessels which entered the EPO tuna fishery less than two years before the year in question or left the fishery less than two years after the year in question. For example, if a vessel entered the EPO tuna fishery in 1971, it was classified as a bluefin vessel for that year if it caught bluefin in 1971 and in either 1972 or 1973. This system of classification is arbitrary, and perhaps some other system would be better. However, it seems to be adequate to give some insight into the value of fleet size as a measure of the effort directed toward bluefin and total catch divided by fleet size as an index of the abundance of bluefin. The bluefin vessel index for a given year is the total commercial catch for that year divided by the number of bluefin ves-

sels in the fleet during that year. The total commercial catches, numbers of bluefin vessels, and bluefin vessel indices for 1961-1992 are shown in Figure 93. They also appear to indicate that both reduced availability and reduced fishing effort have contributed to the reduced catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s.

### ***Cohort analyses***

Cohort analyses are discussed in the subsection of this report dealing with stock assessment of yellowfin. The cohort analyses for bluefin tuna were carried out with data for the 1966-1986 period. Data on the quarterly catches in the EPO were obtained from IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 9: Appendix 1. Annual catch data for fish of the various age groups for the WPO were obtained from FAO Fisheries Technical Paper 336, Vol. 2: page 284. The quarterly catches for the first, second, third, and fourth quarters were estimated by multiplying the annual catches by 0.10, 0.30, 0.50, and 0.10, respectively. Data on the average weights of the fish are given in Table 35. Because of lack of information on natural mortality, six trial vectors of natural mortality,  $M$  (Table 36), were used. The analyses were conducted for 37 cohorts (1950 through 1986). The estimations were carried out using backward calculations, so it was necessary to estimate the final fishing mortality rate ( $F$ ) for each of the cohorts. The final values of  $F$  were selected by a dual procedure that first estimated the minimum recruitment by choosing a high final value of  $F$  and comparing the within-quarter values of  $F$  for different cohorts of the same age. The objective of this type of search is to reduce the differences among the  $F$  values for fish of similar ages being fished at the same time. This procedure does not have an algorithm which would allow different users to arrive at identical answers, so it is somewhat subjective. The method works well for cohorts with long catch histories, e.g. those of 1959 through 1981, but less well for the others.

The cohort analyses produced estimates of the recruitment during each year of the 1966-1986 period and the values of  $F$  for each age group during each quarter of that period. These estimates were combined with estimates of  $M$  (Table 36) to estimate the catches for the 1966-1986 period obtainable with various combinations of  $M$ , multipliers of  $F$ , and age at entry into the fishery (Figure 94). (A multiplier of 1 for  $F$  corresponds to the best estimate of the average  $F$  which existed during this period.) With a multiplier of 1, the catch would have been greater in every case if the age at entry were increased from age 0 to age 1, age 2, or age 3. The gains would be greater for natural mortality vectors 1, 2, or 3 than for natural mortality vectors 4, 5, or 6. If the natural mortality vector is 1, 2, or 3 and the age at entry is to remain at 0 or to be increased to 1, greater catches would be realized if the effort were reduced to about half its present level. With natural mortality vectors 4, 5, or 6, however, reduction in effort to half its present level would result in little or no increase in catch (age at entry = 0) or a decrease in catch (age at entry = 1).

### ***Spawner-recruit and recruit-spawner relationships***

Spawner-recruit and recruit-spawner relationships of bluefin tuna are discussed on pages 35-36 of the IATTC Annual Report for 1993. It was determined that fishing has greatly reduced the abundance of mature bluefin in the Pacific Ocean, but there is no evidence that this has resulted in reduction of the recruitment of young fish to the fishery.

### ***Possible causes of recent poor catches of bluefin in the EPO***

The staff of the IATTC is concerned about the poor catches of bluefin tuna in the EPO and WPO in some years, and particular attention is being given to the poor catches in the EPO during 1980-1984 and 1987-1995. The recent below-average catches of bluefin in the EPO could be due to: (1) a decrease in recruitment; (2) a decrease in the overall abundance of fish greater than about

60 cm in length caused by heavy exploitation of fish during their first year of life in the WPO; (3) reduced fishing effort in the EPO; (4) a decrease vulnerability to capture of the fish which have migrated to the EPO; and/or (5) a decrease in the availability of bluefin in the EPO (*i.e.* a decrease in the proportion of the population which has migrated to the EPO or a shorter average sojourn in the EPO of the fish which have made that migration).

In regard to Points 1 and 2 above, data compiled by the NRIFSF for the age composition of the catch of bluefin tuna during 1966-1986 by Japanese vessels (Table 34) indicate that there has not been a decline in the catches of age-0 fish, which seems to rule out the first possibility, nor an increase in the proportion of age-0 to older fish, which seems to rule out the second possibility.

Proceeding now to Point 3, the numbers of smaller purse seiners, which previous to the late 1970s had been responsible for most of the catches of bluefin tuna in the EPO, declined during the late 1970s and the 1980s. In the subsection above entitled ***Abundance of juvenile bluefin in the EPO*** it was concluded that reduced effort is partly, but not entirely, responsible for the reduced catches in the EPO.

In regard to Point 4, the distribution of bluefin tuna in the EPO may have changed during this century. Prior to 1930 bluefin were caught only off California, although they probably occurred off Baja California as well. During the 1930-1947 period they were caught off both California and Baja California, but greater catches were made off California during most of those years. From 1948 to the present most of the catch has been made off Baja California. This change in the distribution of the catches could be due to increased willingness of California-based fishermen to fish further from port as they acquired larger and more seaworthy boats, however, rather to a change in the distribution of the fish. Fishermen based in California seem to direct more of their effort toward bluefin than do those based in Mexico, so if a shift in distribution occurred it could have decreased the vulnerability of bluefin to capture. If a shift in the distribution of the fish took place, however, it probably did so well before the 1980s, so it does not appear that it could be the cause of the poor catches during that decade.

Tagging and age-composition data provide some useful information in regard to Point 5. It was shown in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1, that during the 1980s only the 1981 year class contributed significant numbers of tag returns to the EPO fishery during Year 1. It was also shown in that Bulletin that for Year 2 nearly half the returns for the 1979 year class and more than half of those for the 1983 and 1984 year classes were from fish caught in the EPO. This information suggests that the proportion of age-1 fish which migrated to the EPO was greatest for the 1981 year class and that the proportions of age-2 fish which migrated to the EPO were greatest for the 1983 and 1984 year classes, intermediate for the 1979 year class, and least for the 1980, 1981, 1982, and 1985 year classes.

A large proportion of the catch of bluefin tuna in the EPO in 1982 consisted of age-1 fish (Table 34). This is consistent with the evidence from tagging that a large proportion of the fish of the 1981 year class appeared in the EPO as age-1 fish in 1982. The catch of bluefin in the EPO was poor in 1983, however, perhaps because the fish of the 1981 year class experienced heavy mortalities in the EPO in 1982 or mostly began their return trip to the WPO before the start of the 1983 season.

The greatest catches of bluefin tuna in the EPO in recent years were those of 1985 and 1986 (Table 33), and the catches in those years consisted mostly of age-2 fish, *i.e.* 1983-year-class fish in 1985 and 1984-year-class fish in 1986 (Table 34). This is consistent with the evidence from tagging that large proportions of the fish of the 1983 and 1984 year classes appeared in the EPO as age-2 fish in 1985 and 1986.

If it were certain that the fish which were tagged in the WPO were selected randomly it would be concluded that greater proportions of age-2 fish of the 1983 and 1984 year classes migrated to the EPO, and that this resulted in greater catches of bluefin tuna in the EPO in 1985 and 1986. It is possible, however, that there are separate non-migrant and migrant subpopulations, and that greater proportions of the migrant subpopulation were selected for tagging during 1979, 1981, 1983, and 1984. Thus the relatively high proportion of EPO returns for the 1979 year class, even though the catch in the EPO in 1981 was poor, might be the result of heavy concentration of tagging effort on a relatively small subpopulation of migrants. This possibility has been evaluated by examining data on migrations of tagged age-1 and -2 fish released in different locations in the WPO during different months (IATTC Bull., 20 (1): Table 7). For the most part, the proportions of migrants tended to be about the same for fish of the same year classes released in different area-time strata, so these data do not offer much support for the subpopulation hypothesis.

Age composition data (Table 34) provide further information pertinent to Point 5. Correlation coefficients were calculated for 12 pairs of data (Table 37, upper panel) from Table 34. Five of the 12 tests were significant at the 5-percent level. The numbers of age-2 fish in the EPO and WPO are negatively correlated (Test 6), indicating that the poor catches in the EPO could be due at least partly to less-than-normal proportions of the total population migrating from the WPO to the EPO. The catches of age-1 and -2 fish in the EPO are positively correlated (Test 7), indicating that the catch of age-2 fish in the EPO can be predicted, albeit poorly, from the catch of age-1 fish in the EPO one year previously. The catches of age-0 and -1 fish in the WPO are highly correlated (Test 8), indicating that the catch of age-1 fish in the WPO can be predicted from the catch of age-0 fish in the WPO one year previously.

Test 11 gave an  $r$  value which was significant at the 1-percent level, which is not surprising in view of the fact that an even higher  $r$  value was obtained from Test 8. An  $r$  value which was significant at the 5-percent level was obtained for Test 12; this, also, is not surprising in view of the fact that a nearly-significant value was obtained from Test 2.

The coefficient of correlation for the catches of age-0 fish in the WPO and the catches of age-2 fish in the EPO two years later is 0.442 (Table 37, Test 2). Although this relationship is not significant at the 5-percent level, it may indicate that the catch of age-2 fish in the EPO is related to recruitment two years previously, assuming that the catch of age-0 fish in the WPO is a valid index of recruitment. Since the catch of age-2 fish in the EPO appears to be related to the recruitment two years previously (Test 2) and the catch of age-2 fish in the WPO in the same year (Test 6), a multiple correlation coefficient was calculated (Test 13). The resulting coefficient of multiple determination was highly significant, indicating that 55.7 percent ( $0.7462 \times 100$ ) of the variation of the catches of age-2 fish in the EPO is explained by (1) a positive relationship to recruitment in the WPO and (2) a negative relationship to the catch of age-2 fish in the WPO. Since the catches of age-2 fish make up the majority of the catch by weight in the EPO in most years, recruitment two years previously and emigration from the WPO appear to have major influences on the total catches in the EPO.

In general, the results of the analysis of the catch-at-age data tend to support the tentative conclusion from the studies of the tagging data that variations in the proportions of fish which migrate from the WPO to the EPO are at least partly responsible for variations in catches in the EPO.

#### ***Future research***

The above information suggests several types of research which should be carried out.



First, all information which is available on the catches of bluefin tuna in the WPO and the CPO by area, time period, and size of fish, and on the fishing effort expended in those areas to catch bluefin, should be assembled for analysis. The emphasis should be on fish in their first 2 to 4 years of life, particularly the *meji* (mixed small tunas, bonitos, mackerels, *etc.*). A scientist from the NRIFS has used data on the proportions of larger bluefin, yellowfin, and bigeye caught to estimate the proportions of these species in the *meji* catches of the 1966-1986 period. The estimates obtained from that work are useful, but sampling the *meji* catches for species composition would probably produce more reliable estimates. The *meji* are landed at many ports, but perhaps data gathered at a few major ports at intervals of about one week during the July-September period would produce reasonable estimates of the species composition of the *meji*. Information on the catches of older fish should not be neglected, however, as data on fish of all ages are necessary for stock assessment. CPUE data calculated from the information collected might serve as unbiased, or nearly unbiased, indices of abundance of bluefin in the WPO and the CPO. The information on abundance of bluefin would be used for stock assessment and for studies of migrations and movements of the fish, including the effects of oceanographic conditions on migrations described below. Data on the catches of bluefin by longline vessels (Figure 91) have already shown that mature bluefin are distributed furthest to the west during the spring and furthest to the east during the fall.

Second, research should be carried out to determine where and when the trans-Pacific migrations begin and end, what proportions of the population migrate, and why these proportions vary from year to year. One approach would involve collection of CPUE data for fish of the various age groups, particularly the younger ones, in as many areas as possible and at frequent intervals throughout the year, to attempt to detect movements of the fish. Data for the WPO would be particularly important, as the highly-variable eastward migrations begin in that area. Data for the CPO would also be of great importance, as such data might make it possible to determine whether some of the fish which begin trans-Pacific migrations turn back before reaching their original destination. A second approach would involve tagging of fish with standard external tags in the CPO or with archival tags in the WPO and the EPO. Archival tags collect and record data on time, light, temperature, and pressure continuously, and when the tags are recovered the data can be examined to determine where the fish had been at frequent time intervals between the date of release and the date of recapture. (Unfortunately, archival tags have only recently become commercially available, and the cost is several hundred dollars per tag, which is why only small numbers of these have been used on northern bluefin.) A third approach would involve chemical analysis of the micro-constituents of the otoliths of bluefin. The rationale for this approach is that different ocean areas have different chemical, physical, and biological properties which influence the chemical makeup of the otoliths. Accordingly, analysis of the otoliths of an individual fish could reveal which ocean areas it had inhabited at various stages of its life, and analyses of the otoliths of samples of fish collected each year in the WPO and the EPO could give far more information on trans-Pacific migration than can data obtained by tagging with conventional tags.

Third, attempts should be made to determine what oceanographic conditions influence the migration of fish from the WPO to the EPO and from the EPO to the WPO. Also, if the studies described above indicate that some of the fish turn back after beginning a trans-Pacific migration, attempts should be made to determine what oceanographic conditions might cause this behavior. Such studies would presumably be conducted jointly by Japanese and IATTC oceanographers and biologists. The first step in such a study would be collection of CPUE data for fish of the various age groups, particularly the younger ones, in as many areas as possible and at frequent intervals throughout the year. The next step would be to compare oceanographic data and data on the

movements of the fish to see which are correlated. Finally, attempts would be made to determine which oceanographic conditions actually influence the migrations of the fish.

Finally, further studies of the population structure of bluefin tuna are appropriate. The tentative conclusion that there is a single major population from which different proportions migrate to the EPO in different years (IATTC Bull., 20 (1): 18) needs further investigation. Also, it would be of great interest to know if the bluefin hatched in the Sea of Japan are genetically distinct from those which are hatched south of Japan. Further knowledge of the population structure might be obtained from biochemical genetic studies.

### BLACK SKIPJACK TUNA

Although black skipjack constitute only a minor part of the total landings of tunas caught in the eastern Pacific Ocean, they are of considerable commercial importance in a number of Latin American countries. Furthermore, they represent a resource of significant magnitude, which will be more heavily exploited as the demand for tuna increases. Accordingly, it is prudent to learn as much as possible about this species.

The present knowledge of black skipjack comes mainly from vessel logbook data, data on the weights of fish unloaded at canneries, stomachs, gonads, and measurements of fish taken at canneries, biological data gathered on one tagging cruise, gonads collected for histological studies on tagging cruises, surveys of fish larvae directed primarily at other species, recapture data for black skipjack tagged incidentally to yellowfin and skipjack, and current studies at the IATTC's laboratories at Achotines Bay, Panama, and La Jolla.

Data on the landings of black skipjack by tuna boats during 1963-1995 are listed in Table 1. These data include only the fish which are landed. Additional amounts are known to have been caught but not landed, and these are not included in the statistics. Estimates of the amounts of black skipjack discarded at sea by purse-seine vessels during the 1986-1993 period range from about 4 to 11 thousand tons per year. Black skipjack are also caught by small boats based in Latin America, for which data are not obtained. Therefore the actual catches are greater than those recorded in the table. The areas of the 1980-1983 catches by vessels from which logbook data were obtained are shown in Figure 95.

An analysis of the weight-length relationships of black skipjack is given in IATTC Internal Report 17. Some observations on the swimming performance, body temperatures, and gastric evacuation times of black skipjack were made on a tagging cruise conducted in 1981, and an analysis of the results was published in an outside journal (Copeia, 1984 (4): 1000-1005). A total of 1,502 black skipjack has been tagged, and 107 of these tagged fish have been returned. Information on the movements and growth of black skipjack, as determined from these data, is given on pages 33-34 of the IATTC Annual Report for 1982.

Information on the areas and duration of spawning, size at sexual maturity, sex ratios, fecundity, and spawning frequency of black skipjack is published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 2. The measurement of reproductive potential is of considerable importance with respect to the dynamics of fish populations, since it is a basic determinant of productivity. Furthermore, since the amount of fish of catchable size available to the fishery is largely dependent on the success of spawning and survival during the earliest stages of life, studies of this nature can yield information of potential value for predictive purposes. In addition, larval and juvenile black skipjack, along with those of other species of scombrids (tunas and mackerels), have been collected, particularly off Central America and near the entrance to the Gulf of California (IATTC Spec. Rep. 2: 388-391).

The data on occurrence of larvae and juveniles, tagging data, and logbook data provide indices of abundance of black skipjack relative to the other species of scombrids. It appears, on the basis of this information, that the potential annual production of this species is far greater than the present levels of landings.

A considerable amount of work on black skipjack is currently being conducted at the IATTC laboratories at Achotines Bay and La Jolla. The results of these studies are described in scientific papers (*e.g.* U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 88 (4): 821-828; Mar. Biol., 115 (2): 317-330; Jour. Exper. Biol., 190: 79-93; IATTC Bull., 20 (7) and 21 (3)) and recent Annual Reports of the IATTC.

## **SWORDFISH**

Swordfish are widely distributed in tropical, subtropical, and temperate oceans and seas of the world, and they are the object of important commercial fisheries in most areas where they occur. Information on the catches per unit of effort (CPUEs) of swordfish in the eastern Pacific Ocean (EPO) is shown in Figure 96. These charts are probably indicative of the geographical distribution of swordfish and the areas in which it is most abundant. The world demand for swordfish has been increasing in recent years, and this has caused a corresponding increase in their value. This has led to a rapid growth of fisheries for swordfish in various parts of the world. In the EPO the U.S. and Chilean fisheries for swordfish have grown considerably in recent years (Table 38). Other nations bordering the EPO, such as Colombia, Costa Rica, Ecuador, French Polynesia, Mexico, and Peru, are also involved in fishing for swordfish.

The catches of swordfish in the Atlantic Ocean have declined during the last few years, apparently due to overfishing. There is no indication that swordfish are being overfished in the Pacific Ocean, but overfishing could occur if the fishing effort continues to increase. Such being the case, there is a need to collect comprehensive statistical and biological information on the developing fisheries and to continue to collect such data for the well-established fisheries. Such information is essential for assessment of the effects of the fisheries on the stock or stocks of swordfish which are exploited. Standardized methods of data collection and coordinated analysis of the data are essential for obtaining effective assessments.

### ***Fisheries***

Recreational fishermen rarely fish for swordfish, and few records of their catches are available. The catches of this species by recreational fishermen probably average less than 50 fish per year in the EPO.

The principal commercial swordfish harvests are made by longline and gillnet fisheries. Harpoon fisheries for swordfish were important in several areas in the past, but these fisheries have declined considerably in recent years. The world catches of swordfish increased from about 48,200 short tons in 1982 to about 89,300 tons in 1988, then declined to as low as 74,500 tons in 1991, and then increased to about 91,700 tons in 1994 (Table 38). The catches in the Pacific Ocean increased from about 20,400 tons in 1982 to about 38,600 tons in 1992, and then decreased to about 30,200 tons in 1994 (Table 38). The equivalent amounts for the EPO are 7,300 tons for 1982 and roughly 10,000 tons for 1994 (Table 39). Of the 168,500 tons of swordfish harvested in the Pacific Ocean during the 1989-1993 period, Japanese fisheries accounted for the greatest portion of the catch (42 percent), with considerable amounts also taken by vessels of Chile (19 percent), the United States (16 percent), and the Philippines (12 percent). There are many problems with the catch statistics for swordfish. The data in Tables 38 and 39 were compiled from various

sources, which often disagreed with one another. Several meetings on swordfish will be held during 1996 and 1997, and it is hoped that at least some of the problems can be resolved at these meetings.

### ***Japan***

Swordfish are caught in the EPO by Japanese longline vessels. Most longline sets are made early in the day, so that the gear fishes during the daylight hours, with retrieval occurring at or near dusk. It has been suggested that the swordfish caught by this gear are taken while the gear is being retrieved during periods of darkness.

During the 1952-1962 period, components of the Japanese longline fleet directed their effort at swordfish by fishing at night with squid, rather than with saury or other baitfish, for bait. This practice takes advantage of the fact that swordfish tend to remain near the surface during the night and in deeper water during the day. This type of fishing was first employed in the EPO in 1963. It was possible to distinguish effort directed at swordfish from other effort with records on the type of bait used. During the late 1960s, however, this distinction was clouded by the increasing use of squid for bait in daytime sets directed at tunas.

The annual effort by Japanese longline vessels in the Pacific ranged from about 275 to 300 million hooks during 1970-1975, about 327 to 400 million hooks during 1976-1985, and about 356 to 399 million hooks during 1986-1992. The effort in the EPO was about 67 to 107 million hooks during 1970-1975, about 107 to 140 million hooks during 1976-1985, and about 161 to 200 million hooks during 1986-1992.

Prior to 1993 lesser amounts of swordfish were taken in the EPO by the high-seas gillnet fishery. This fishery was discontinued after 1992.

### ***Chile***

Due to developing markets for fresh and frozen swordfish in the United States in the 1980s, the annual catches of swordfish by Chilean vessels increased from an average of about 200 to 300 tons prior to 1986 to about 800 tons in 1986, and then to a peak of about 8,000 tons in 1991 (Table 38). The 1994 catch was about 4,200 tons. The Chilean artisanal fishery for swordfish operates 15 to 150 nm off northern and central Chile. More than 90 percent of the vessels are less than 18 m (60 feet) in length and fish with gillnets. A small part of this fleet continues to fish with harpoons. As the average vessel size has increased over time, an increasing proportion of the fleet has been licensed for and has fished with both gillnet and longline gear. Most of the Chilean swordfish catch is made during January to June, with the peak occurring from March to May. Because of low CPUEs, the fishermen switch to other species by July or August.

### ***United States***

The principal U.S. swordfish fisheries in the Pacific Ocean are the gillnet fishery and the longline fishery.

Prior to the late 1970s, the only significant U.S. swordfish fishery was the harpoon fishery conducted off Southern California during the late summer and fall. Since the 1978 peak catch of about 1,600 tons, the annual catch in this fishery has dropped to about 100 to 200 tons.

Since 1981 the greatest catches of swordfish by vessels based on the U.S. mainland have been made with gillnets. This fishery was originally directed at sharks, but is now directed seasonally at swordfish. During the first few years following this shift in fishing strategy, the annual swordfish catch by gillnets increased to a peak of about 1,600 tons in 1984 and 1985.

Subsequently the catches decreased to about 800 tons in 1990 and 1991, but then increased to about 1,200 tons per year in 1992 and 1993. Approximately 80 percent of the gillnet catch of swordfish is made during September through December.

The most recent significant changes in the U.S. fishery for Pacific swordfish have been in the longline fishery operating from Hawaii and, more recently, Southern California. Most of the Southern California-based vessels had left the fishery by the end of 1995, however. Prior to 1989, swordfish were an incidental catch of this fishery, which was directed at tunas and took place primarily within the U.S. Exclusive Economic Zone (EEZ) around Hawaii. During the early 1990s, U.S.-flag vessels from the Atlantic coast and Gulf of Mexico, using fishing strategies developed for fishing for swordfish in the Atlantic Ocean, including making sets at night with shallow gear and lighted hooks, entered the Hawaii-based fleet. As the fishing effort has increased with the addition of vessels, there has also been an expansion of the fishery to include significant effort in international waters outside the U.S. EEZ around Hawaii. The catches of swordfish by the longline fleet based in Hawaii increased 10-fold, from about 200 tons in 1989 to about 2,100 tons in 1990, and then more than doubled to about 5,000 and 5,500 tons in 1991 and 1992, respectively. These catches are made mostly during the January-June period. The 1994 catch of swordfish declined by nearly 50 percent relative to the previous few years, and it declined even further in 1995. The decline of 1994 was due partly to reduced effort directed at swordfish and partly to reduced CPUEs. The CPUEs returned to normal in 1995, however.

In late 1992, longline vessels which had been fishing in the Atlantic Ocean and the Gulf of Mexico began operating in the Pacific Ocean from ports in Southern California. Only two or three of these vessels were fishing in 1992, but by July 1994 the number had increased to at least 23. Several vessels fished throughout the year to attempt to determine how best to operate, and other vessels fished only when good fishing was reported. By the end of 1994 the number of vessels had decreased to about 10 to 12, and by the end of 1995 there were only 3 vessels still active. The vessels which have left the fishery have returned to the Gulf of Mexico. As is the case for the Hawaii-based fleet, these vessels also fish for tunas, and direct most of their effort toward swordfish when swordfish are most abundant or easiest to catch. IATTC observers accompanied two trips made by these vessels in 1994, and the IATTC staff has designed, printed, and distributed logbooks for use aboard them. The California Department of Fish and Game (CDFG) currently requires that each vessel maintain a logbook furnished by that organization and that it make the information in the logbooks available to the CDFG.

### **Mexico**

The Mexican swordfish fishery began after Mexico's adoption of a 200-nm EEZ and restriction of foreign fishing operations within that zone. Prior to this time, large catches of billfish, including swordfish, were taken by the longline fisheries of other nations in what is now Mexico's 200-nm EEZ. During the 1980-1989 period Mexico authorized joint-venture longline fisheries operating under the Mexican flag. During the early 1980s the effort exerted by this fishery was low, but by the end of the decade about 10 to 15 vessels were participating in the fishery on an annual basis. The fishing effort (number of hooks set) varied widely during the period of this fishery, ranging from about 260 thousand hooks in 1984 to about 3.8 million hooks in 1988. The total swordfish catch made during the period this fishery existed was about 2,000 tons, with annual catches ranging from about 5 tons in 1984 to about 520 tons in 1981.

Since the elimination of the joint-venture longline fisheries for billfish, a gillnet fishery for billfish within the Mexican EEZ has developed. It is estimated that by 1990 about 25 vessels from 16 companies were operating and that these numbers nearly doubled to about 44 vessels from 37

companies by 1992. The swordfish catch by these vessels was about 870 tons in 1990, 1,150 tons in 1991, 770 tons in 1992, and 550 tons in 1993. In 1992, 27 permits had been issued for this fishery and 24 boats were operating.

### ***Stock assessment***

Three general types of models, age-structured models, spawner-recruit models, and production models are used to assess the condition of stocks of fish. All three types of models require that the analyses be done with a discrete stock of fish. Little is known of the stock structure of swordfish in the Pacific Ocean, so the results presented below should be regarded as provisional.

Age-structured models require data on recruitment and on the growth and mortality rates of individual fish, which are often difficult to obtain, but they often produce better results than do other types of models. Estimates of the parameters are obtained from analyses of size and age data from fish in the catch and from tag-and-recapture experiments. The differences in growth and longevity of males and females can be incorporated into age-structured models. Due to lack of data, age-structured models have not been applied to swordfish in the Pacific Ocean.

Spawner-recruit models are based upon comparisons of the relationships between abundance of spawners and subsequent abundance of eggs, larvae, juveniles, or recruits to the fishery. The differences in growth and longevity of males and females must be incorporated into spawner-recruit models. Due to lack of data, spawner-recruit models have not been applied to swordfish in the Pacific Ocean.

Production models, which make use of data for the stock as a whole, rather than for individual fish, are fairly simple to use, as they require only data on catch and fishing effort. However, there must be data for a series of years during which the amount of effort varied considerably. Furthermore, the effect of the gear on the fish must be the same from year to year, or adjustments must be made to the data to compensate for changes in the gear. Because the assumptions implicit in the use of production models are not always fully satisfied, they often provide less precise estimates of the effects of fishing than do age-structured models.

Production models, using data from the Japanese longline fishery for 1952 through 1980, have been applied to swordfish in the Pacific Ocean by several investigators. Their results were only tentative, for at least two reasons. First, due to lack of data on tag returns, meristic and morphometric characteristics, genetic characteristics, *etc.*, the investigators had to make assumptions regarding stock structure based on the distribution of catches of the fish, and these assumptions may eventually prove to be incorrect. Second, due to lack of data which could be used to make adjustments for differences in the vulnerability of the fish to capture, they had to assume that swordfish were equally vulnerable to capture by longline gear in all years, seasons, and areas. They concluded that the swordfish were capable of supporting greater catches than those which were taken during that period. The fisheries have changed since then, however. By 1992, the swordfish catch in the Pacific Ocean had reached nearly 39,000 tons, a 76-percent increase since 1986. The Japanese share of this catch declined from about 72 percent to about 44 percent, so the Japanese fishery may no longer provide coverage adequate to monitor the entire fishery. Data for the coastal fisheries of Chile, Costa Rica, Ecuador, Mexico, the Philippines, the United States, and other nations should be included in future analyses. Because the fisheries are expanding, it is important that such analyses be conducted.

The Deriso-Schnute delay-difference population model (Hilborn and Walters, 1992, *Quantitative Fisheries Stock Assessment*, Chapman and Hall, New York and London: 330-348) has been used with catch and effort data for 1962-1987 by the IATTC staff to investigate the dynamics of swordfish in the EPO. The data which were available at the time of the analysis,

which show declining CPUEs with increasing fishing effort, provide a minimal amount of information with which to model the dynamics of a population. Preliminary examination of catch and effort data for years subsequent to 1987 indicates that the CPUEs have continued to decline, but are still greater than the CPUEs which correspond to the average maximum sustainable yield (AMSY), so swordfish are apparently not overfished in the EPO. These more recent data will be incorporated into future analyses of the status of swordfish stocks in the EPO. Until such analyses are completed, it is not possible to estimate the current level of the swordfish stocks in the EPO with respect to the level to be expected at AMSY.

### ***Discussion and conclusions***

After a decline in the catches of swordfish in the Pacific Ocean during the early 1960s, when the Japanese longline fleet in the northwestern Pacific began to direct its effort toward species other than swordfish, the Pacific-wide catch began to increase. During the 1970s and 1980s, due to increased demand for swordfish, fishing effort increased in the Atlantic Ocean. At first the catches increased, but then, presumably due to overexploitation, they decreased. If the catches in the Pacific Ocean continue to increase, it is possible that, based on the Atlantic experience, the abundance of swordfish will be reduced to the point that the catches will eventually decline. The question arises as to how overfishing might be avoided in the Pacific Ocean, that is, how exploitation can be kept in balance with the ability of the swordfish population to support the catches. The answer, of course, is that we must gain sufficient understanding of the population dynamics of swordfish and be willing to utilize that understanding for purposes of management.

There are a number of technical requirements that must be met to ensure adequate stock assessment. One of the most important prerequisites for management is an understanding of the population structure of the stocks of swordfish that are the object of exploitation. It must be known whether the fish which are the object of a particular fishery mingle with fish which are the objects of other fisheries and whether they interbreed with those fish, as attempts to manage a fishery will not be effective if fish move from that fishery into other fisheries for which there are no similar or complementary management measures. It is therefore necessary to understand the stock structure of the species in question before production, age-structured, or spawner-recruit models can be applied with confidence.

Comprehensive catch and effort data are necessary for application of production models. For each fishery, data are needed on the catches for small areas and short time intervals, along with measures of fishing effort, such as numbers of vessels operating, numbers of hooks set per day, or hours of deployment for gillnets. Corresponding information for recreational fisheries, if and when the catches by those fisheries became important, is also necessary. A practical way to collect such information for commercial fisheries is through the establishment of a logbook system to be maintained by vessel captains or crew members, complemented by an observer program. Other systems, such as monitoring of important landing locations, could be developed for smaller vessels. With this sort of data, analyses utilizing production models could be carried out. Although limited in scope, these models could provide initial estimates of potential catches and early warnings of overfishing.

Measurements of the lengths and/or weights of fish in the catch, plus catch data, are necessary for application of age-structured models. These data can be used to estimate the rates of growth and of natural and fishing mortality. In addition, information on reproductive characteristics, such as sex ratio, fecundity, frequency of spawning, and location of spawning areas, should be collected. A program to collect such data would have to include sampling at many of the major

landing sites of the commercial fisheries. Samples would have to be collected on a regular basis for an extended period of time.

The information required for application of spawner-recruit models is essentially the same as that required for application of age-structured models.

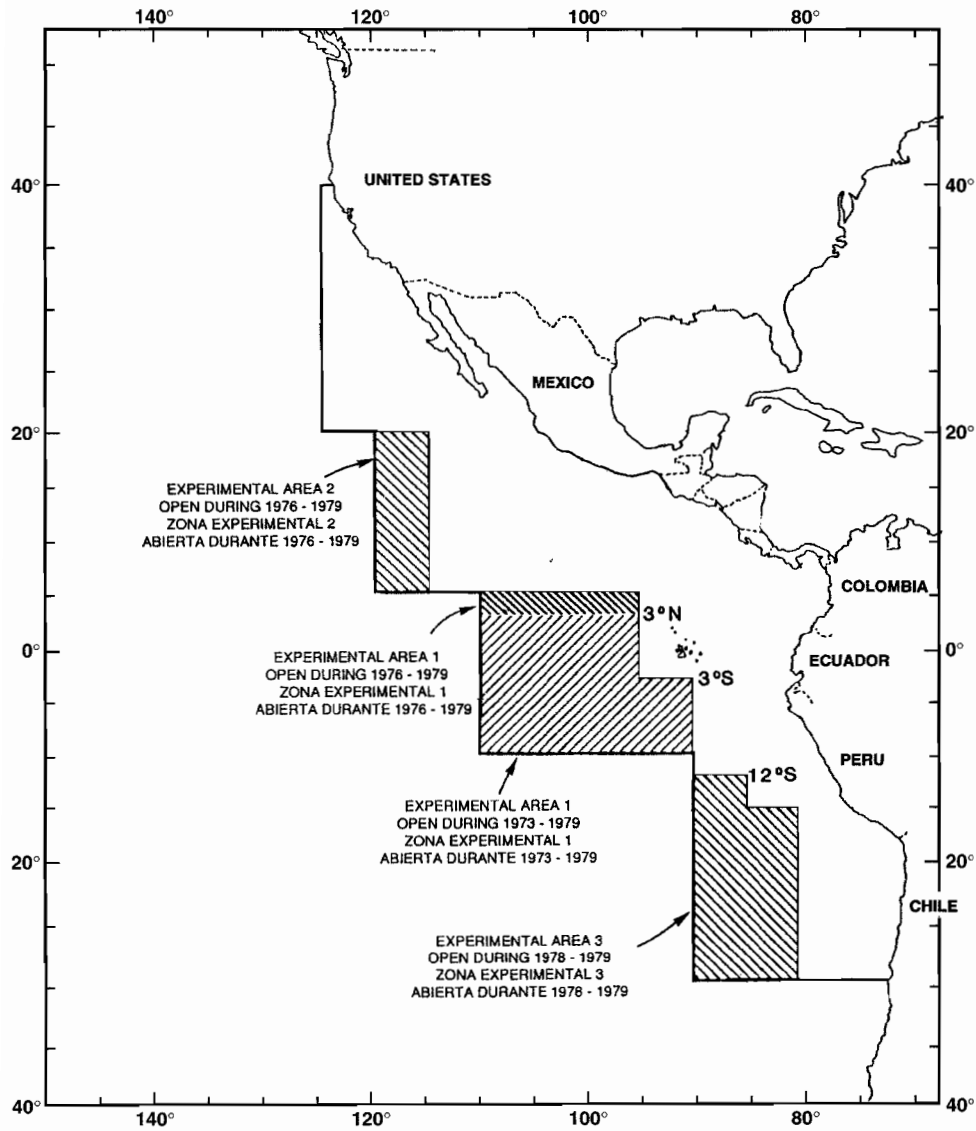
Assuming that an adequate understanding of the population dynamics of swordfish is available, there are, nevertheless, several non-scientific issues which may complicate the implementation of management. These include conflicts among commercial fishermen using different types of gear, conflicts between commercial and recreational fishermen, an ever-increasing awareness of and concern over "bycatch" (capture of species other than the "target" species), and the eventual problems of distribution of catches among users. (In this report bycatch is defined as the total catch of non-target species, including fish and other animals which are retained, released alive, or discarded dead. The principal target species are tunas and billfishes for the longline fisheries and swordfish and sharks for the gillnet fisheries.) A decision to eliminate gillnetting on the high seas has already been made, and eventually further decisions for the distribution of catches among gear types, and possibly among nations, may follow.

Longlines and gillnets take the greatest amounts of swordfish in the Pacific Ocean. The probability of capturing swordfish can be increased by altering the locations in which the gear is deployed, the configuration of the gear, *etc.*, but in no case can catches of only swordfish be assured. Longlines and gillnets normally capture a variety of large pelagic fishes, such as tunas, marlins, and sharks, along with swordfish. Marlins are less common in the catches of gillnet vessels than in those of longline vessels. In addition, turtles are occasionally taken by longline and gillnet gear, seabirds are sometimes taken by longlines, and a few marine mammals are caught by gillnets.

Swordfish are rarely caught by sport fishermen. However, the sport fisheries for marlins and sailfish are important, and fisheries directed at swordfish often catch marlins and sailfish. Such being the case, recreational fishermen are concerned that the growing fisheries for swordfish will reduce the supply of marlins and sailfish.

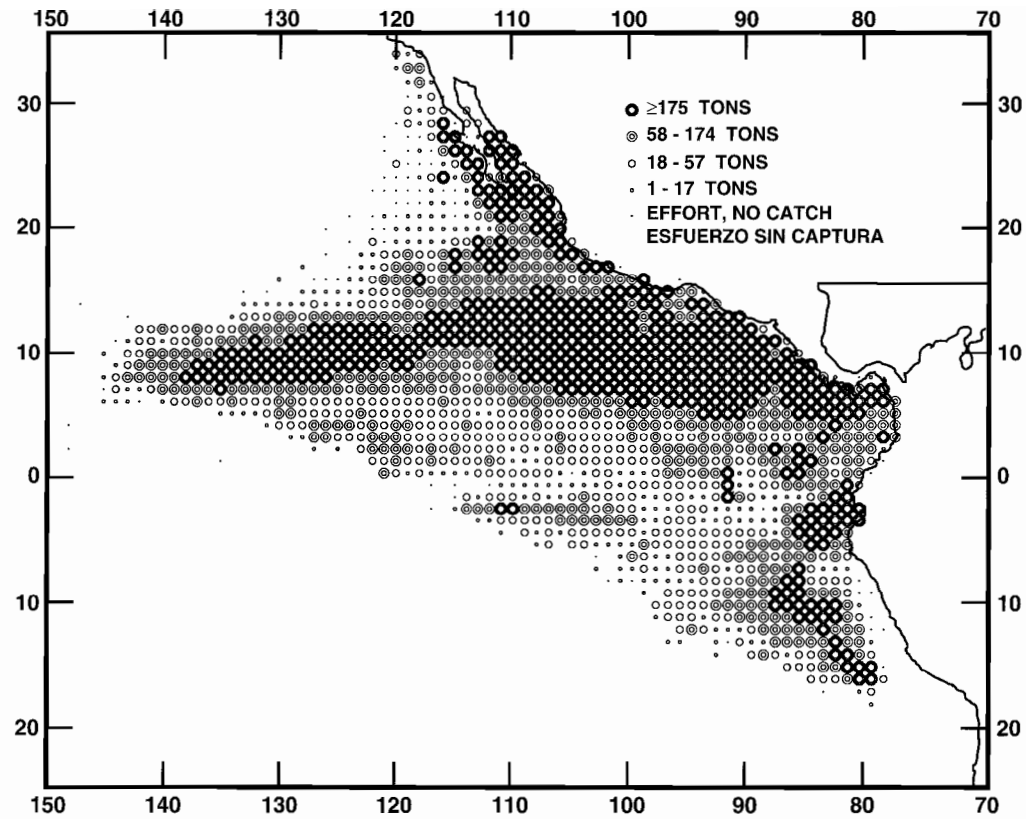
The actual and perceived capture of marine mammals, turtles, and birds by longlines and/or gillnets has resulted in action on the part of some groups to limit the use of these types of gear. It is imperative, if this perceived problem is to be resolved, that information be collected on the numbers and kinds of animals taken as bycatches. (It should be noted that information on the bycatches of gillnet vessels operating off California has been published (Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 175).) Along with these efforts to collect data, it would be desirable to design, develop, and implement modifications to the fishing gear and/or its deployment which would reduce the bycatches, if it is shown that the gear has significant impacts on the species making up the bycatches.





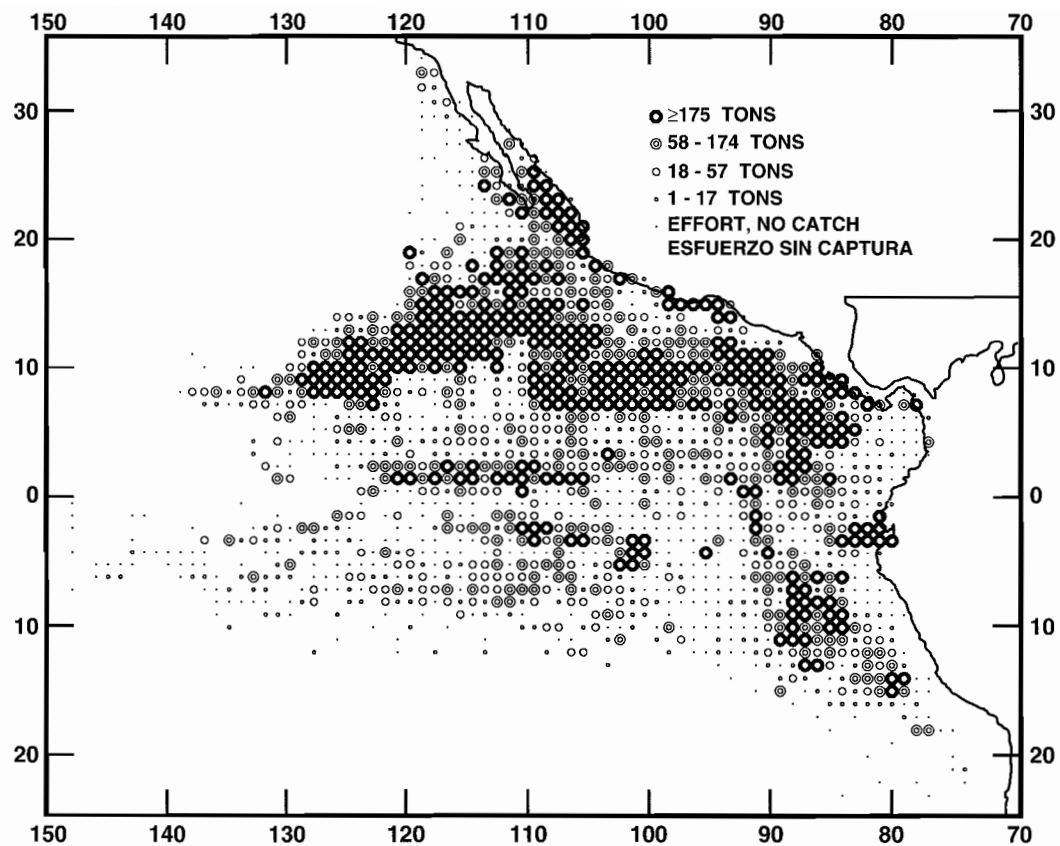
**FIGURE 1.** The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

**FIGURA 1.** Área Reglamentaria de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA).



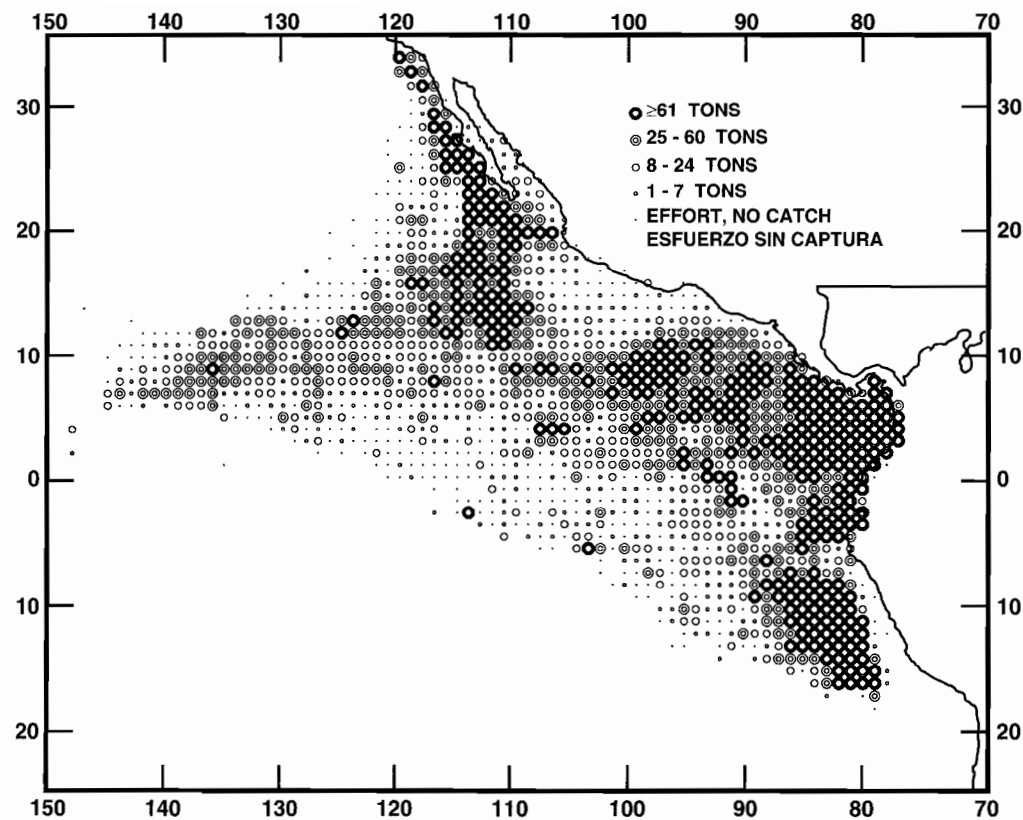
**FIGURE 2.** Average annual catches of yellowfin in the EPO during 1980-1994 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained. The averages were calculated only for 1-degree areas for which three or more years of data were available.

**FIGURA 2.** Capturas medias anuales de aleta amarilla en el OPO durante 1980-1994, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables. Se calcularon promedios solamente para las áreas de 1° para los cuales se disponía de tres años o más de datos.



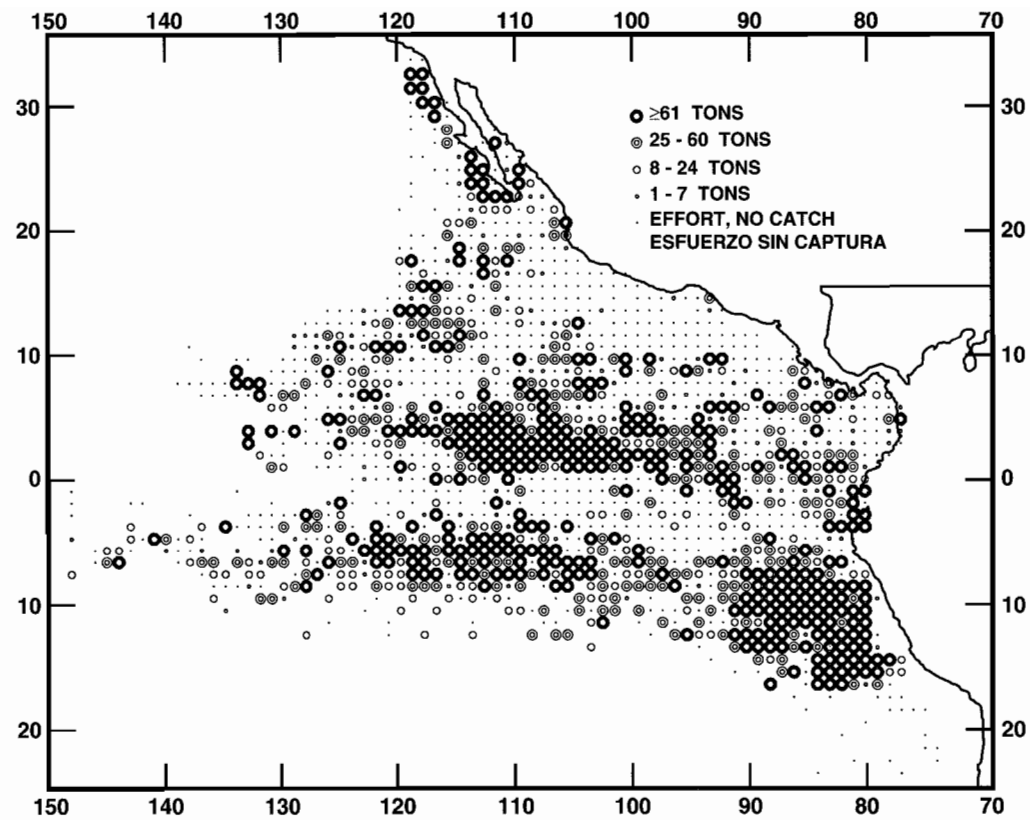
**FIGURE 3.** Catches of yellowfin in the EPO in 1995 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 3.** Capturas de aleta amarilla en el OPO en 1995 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



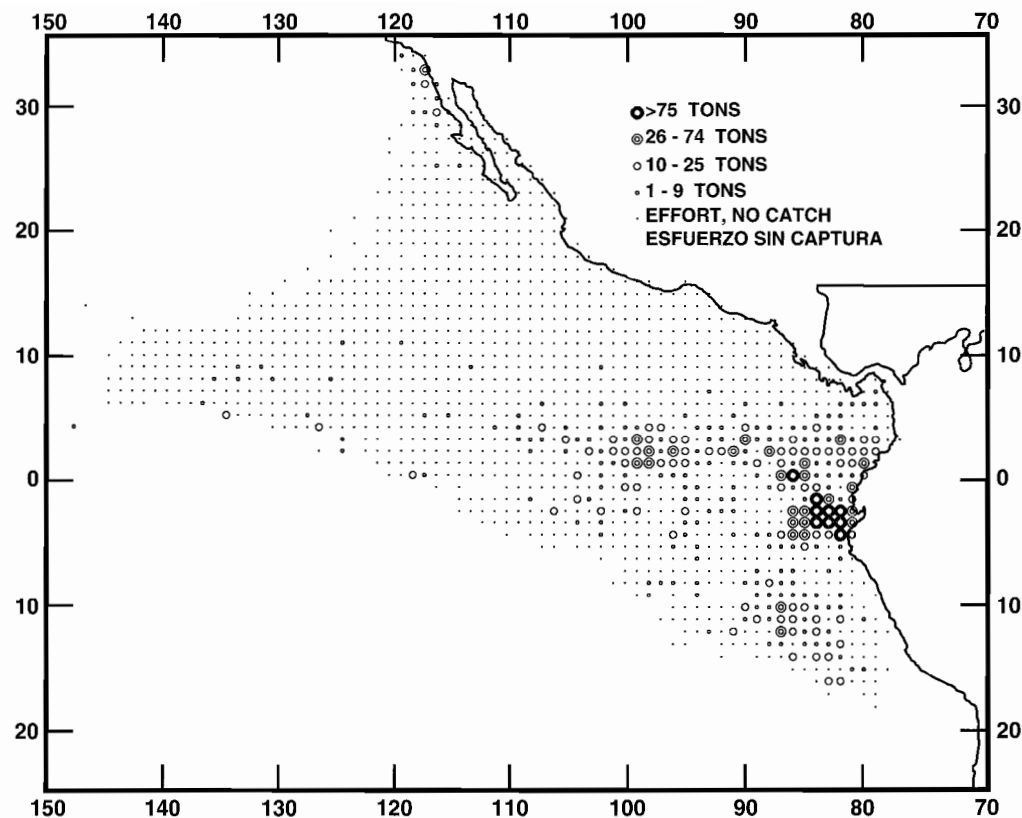
**FIGURE 4.** Average annual catches of skipjack in the EPO during 1980-1994 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained. The averages were calculated only for 1-degree areas for which three or more years of data were available.

**FIGURA 4.** Capturas medias anuales de barrilete en el OPO durante 1980-1994, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables. Se calcularon promedios solamente para las áreas de 1° para los cuales se disponía de tres años o más de datos.



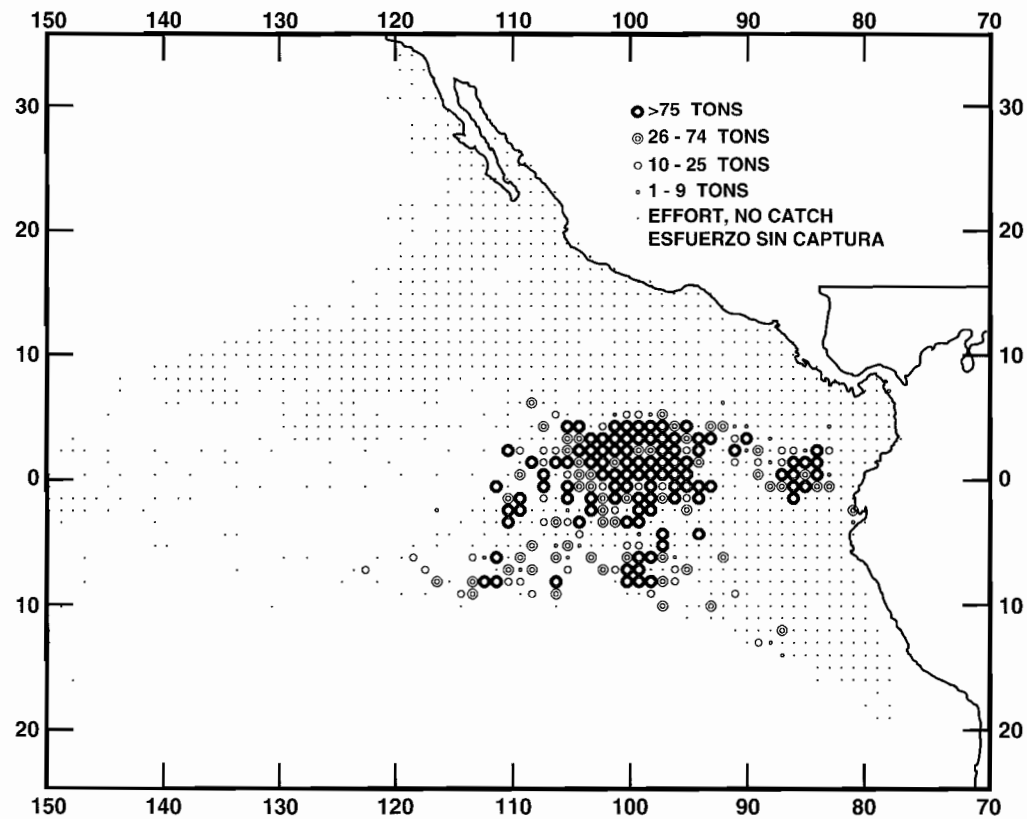
**FIGURE 5.** Catches of skipjack in the EPO in 1995 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 5.** Capturas de barrilete en el OPO en 1995 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



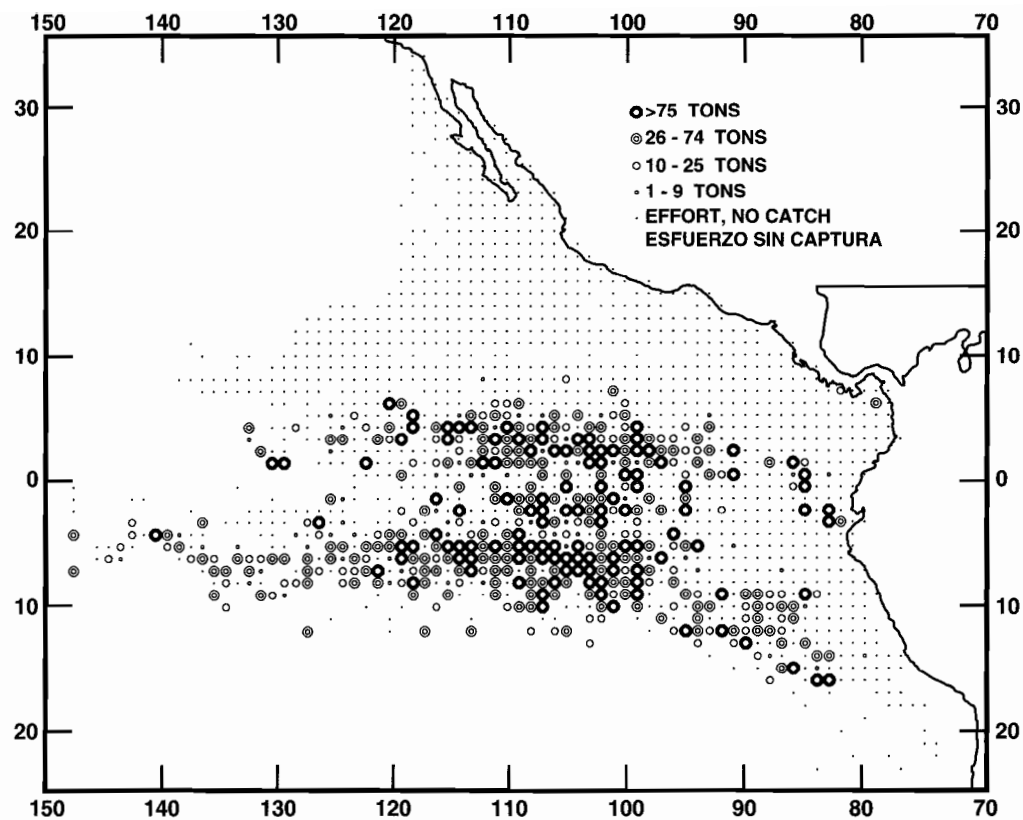
**FIGURE 6.** Annual average catches of bigeye tuna in the EPO during 1979-1993 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained. The averages were calculated only for 1-degree areas for which three or more years of data were available.

**FIGURA 6.** Capturas medias anuales de patudos en el OPO durante 1979-1993, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables. Se calcularon promedios solamente para las áreas de 1° para los cuales se disponía de tres años o más de datos.



**FIGURE 7.** Catches of bigeye tuna in the EPO during 1994 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

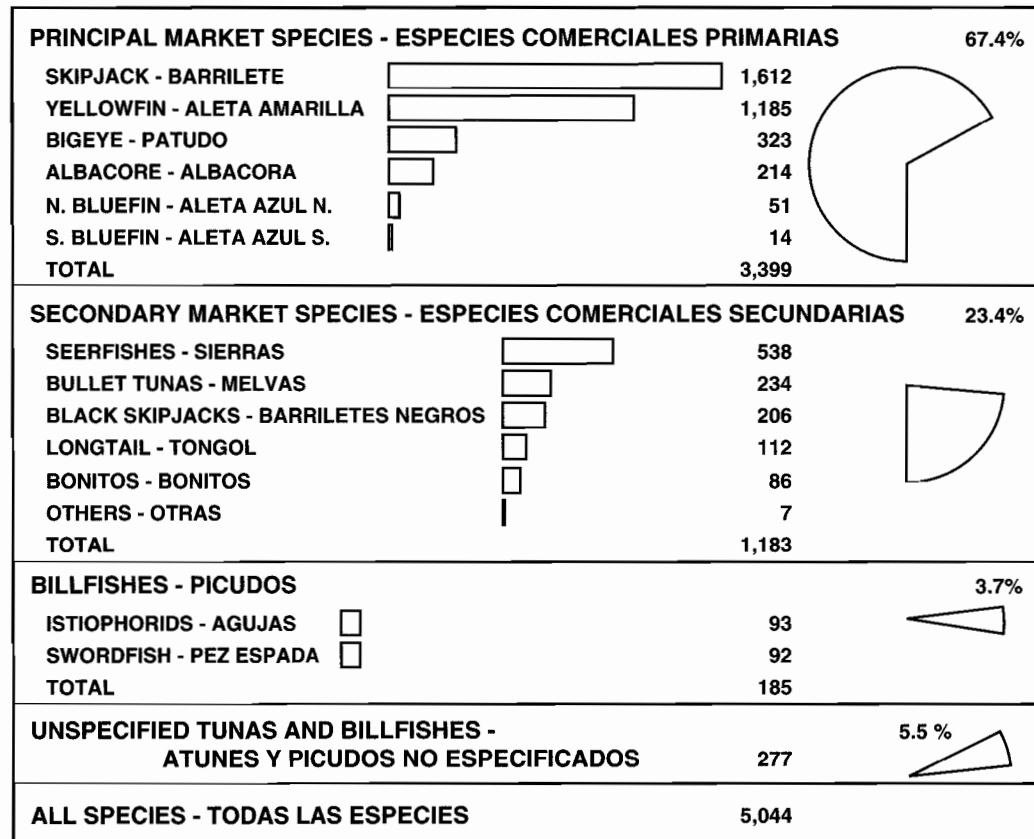
**FIGURA 7.** Capturas de patudos en el OPO en 1994 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



**FIGURE 8.** Catches of bigeye tuna in the EPO during 1995 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

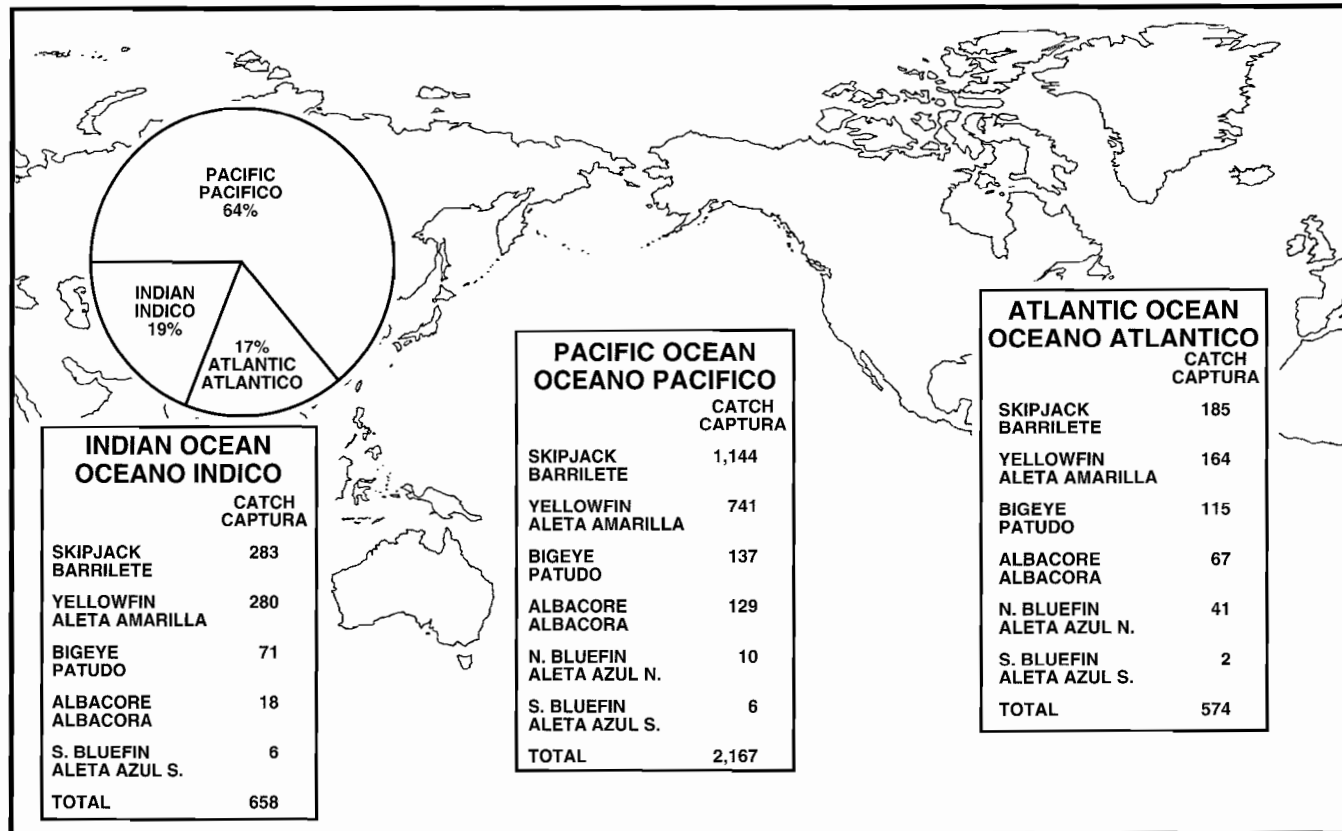
**FIGURA 8.** Capturas de patudos en el OPO en 1995 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.





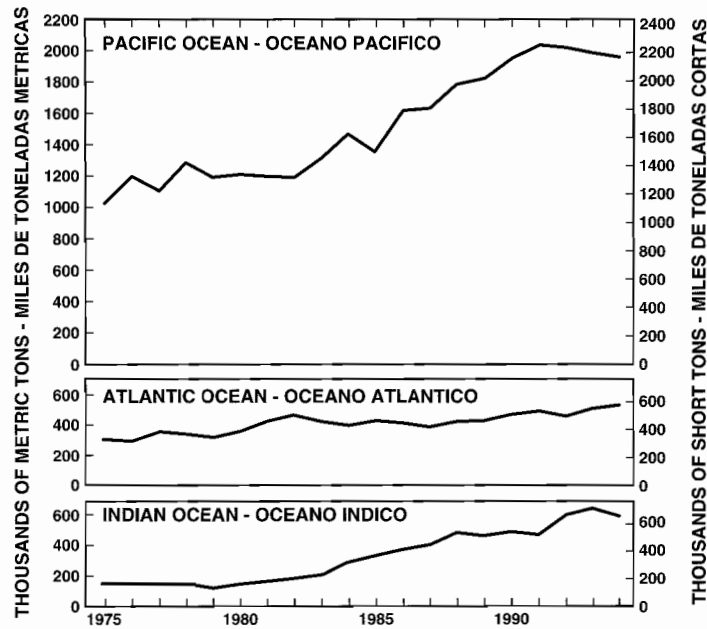
**FIGURE 9.** World catches of tunas and tuna-like species in 1994, in thousands of short tons (data from FAO yearbook of fisheries statistics for 1994).

**FIGURA 9.** Capturas mundiales de atunes y especies afines en 1994, en miles de toneladas cortas (datos del compendio anual de la FAO de estadísticas pesqueras para 1994).



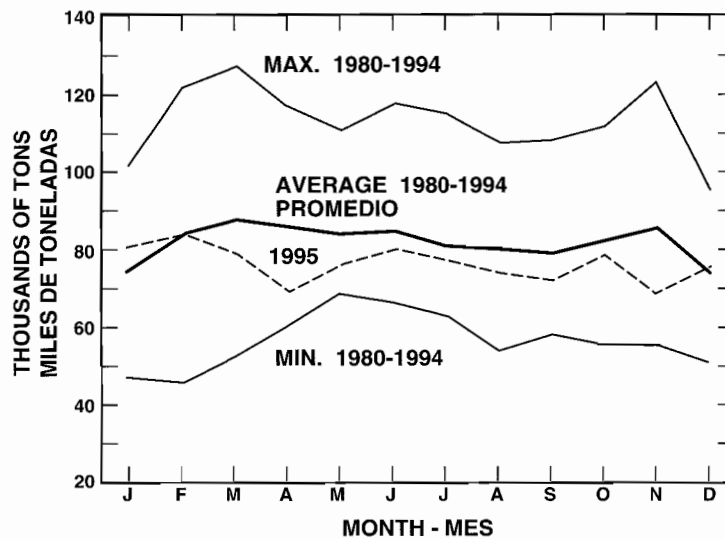
**FIGURE 10.** Catches of the principal market species of tunas in 1994, in thousands of short tons (data from FAO yearbook of fisheries statistics for 1994).

**FIGURA 10.** Capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1994, en miles de toneladas cortas (datos del compendio anual de la FAO de estadísticas pesqueras para 1994).



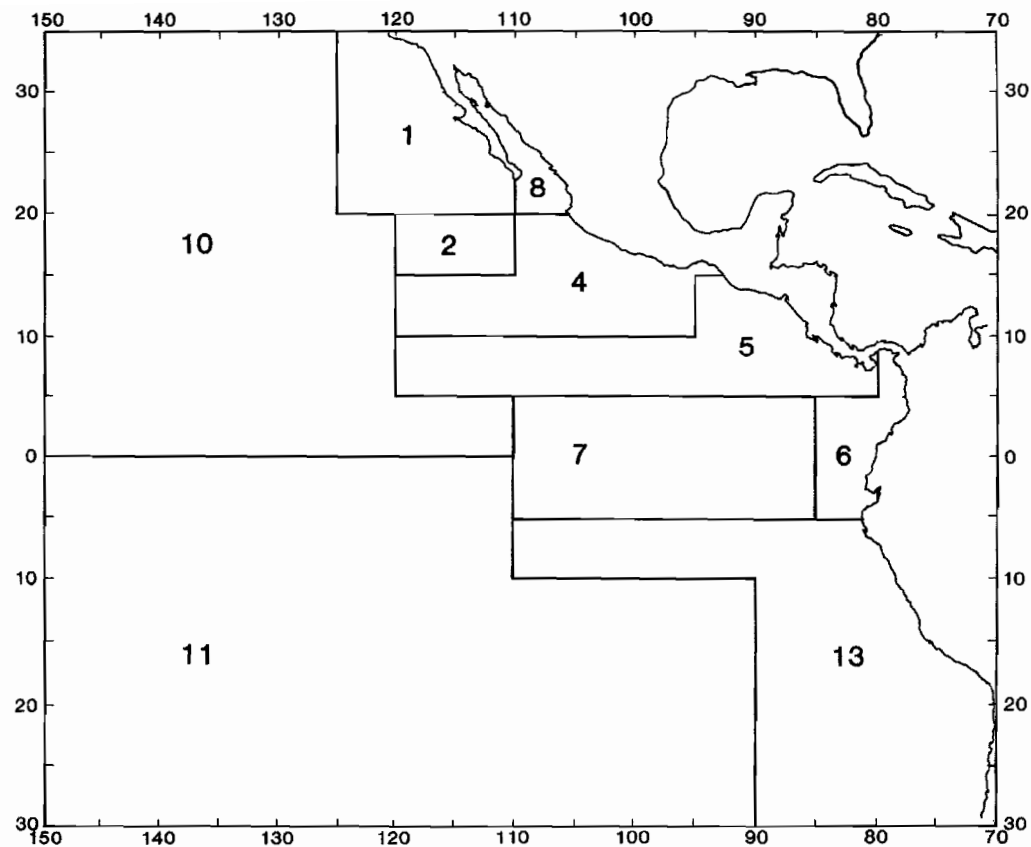
**FIGURE 11.** Catches of the principal market species of tunas (data from FAO yearbooks of fisheries statistics).

**FIGURA 11.** Capturas de las principales especies comerciales de atunes (datos del compendios anuales de la FAO de estadísticas pesqueras).



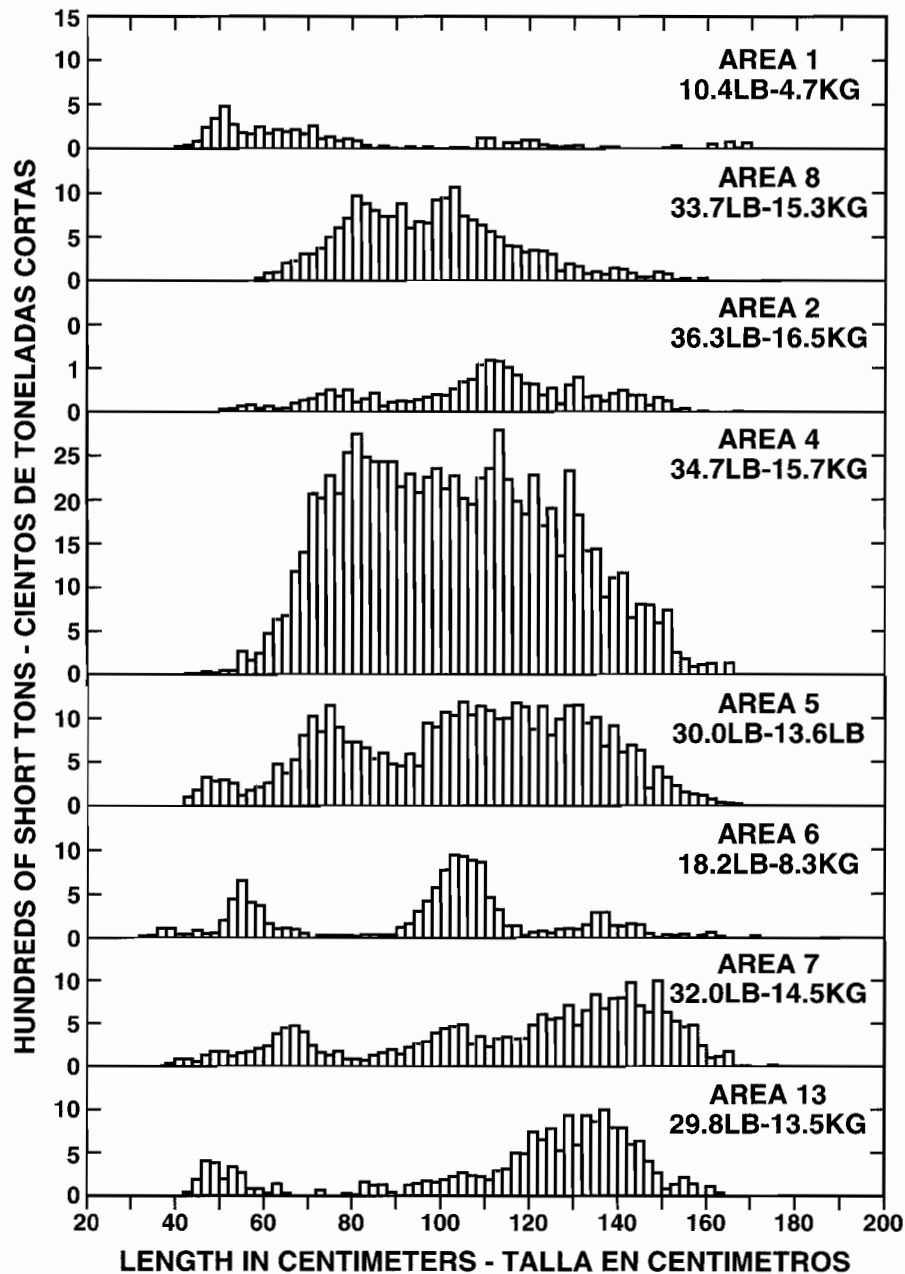
**FIGURE 12.** Average, minimum, and maximum values for monthly capacity at sea in the EPO during 1980-1994, and the 1995 monthly values.

**FIGURA 12.** Valores mensuales medios, mínimos, y máximos de la capacidad en el mar en el OPO durante 1980-1994, y los valores mensuales de 1995.



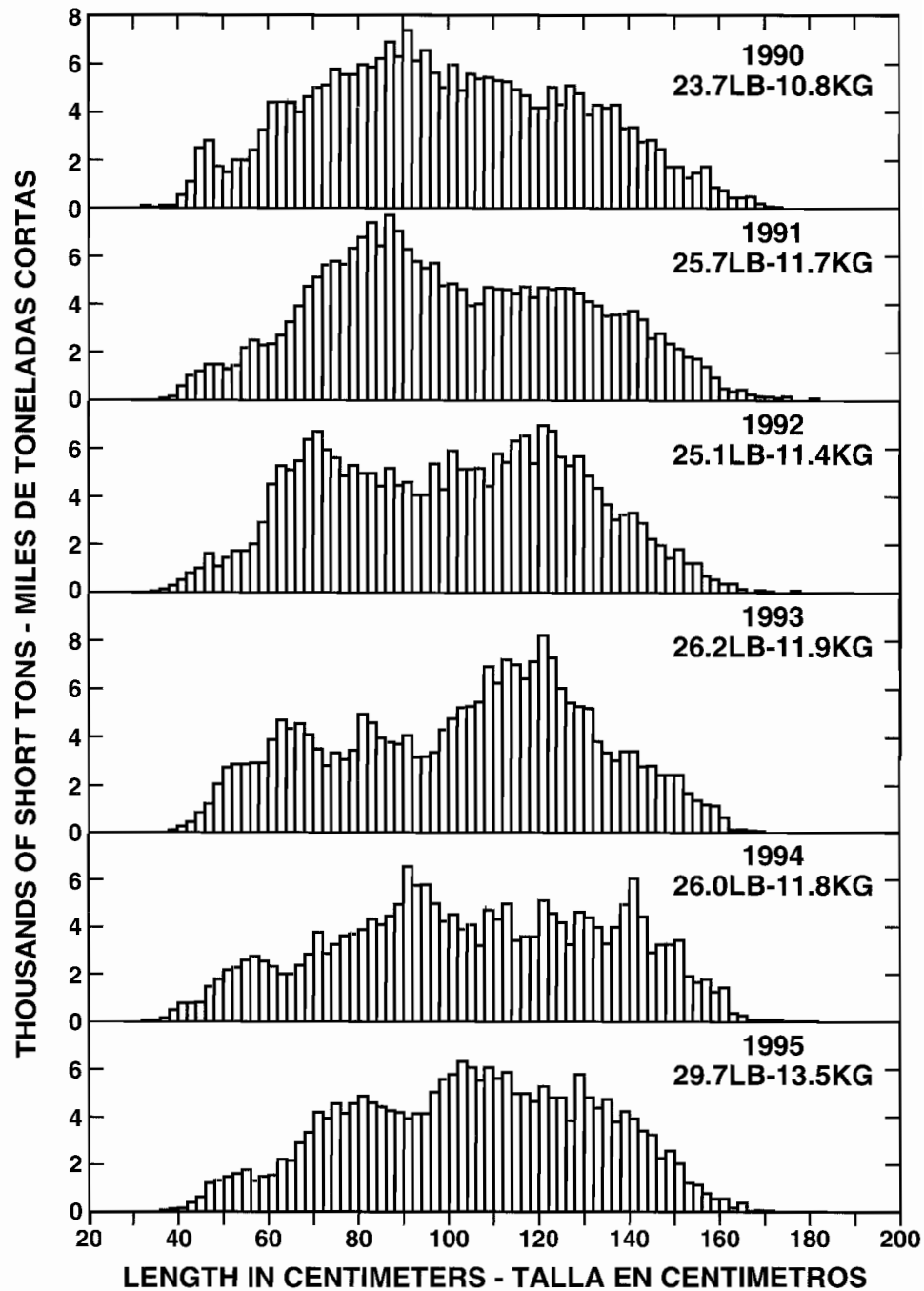
**FIGURE 13.** Areas used for sampling lengths of tunas in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 13.** Areas usadas para el muestreo de tallas de atunes en el Océano Pacífico oriental.



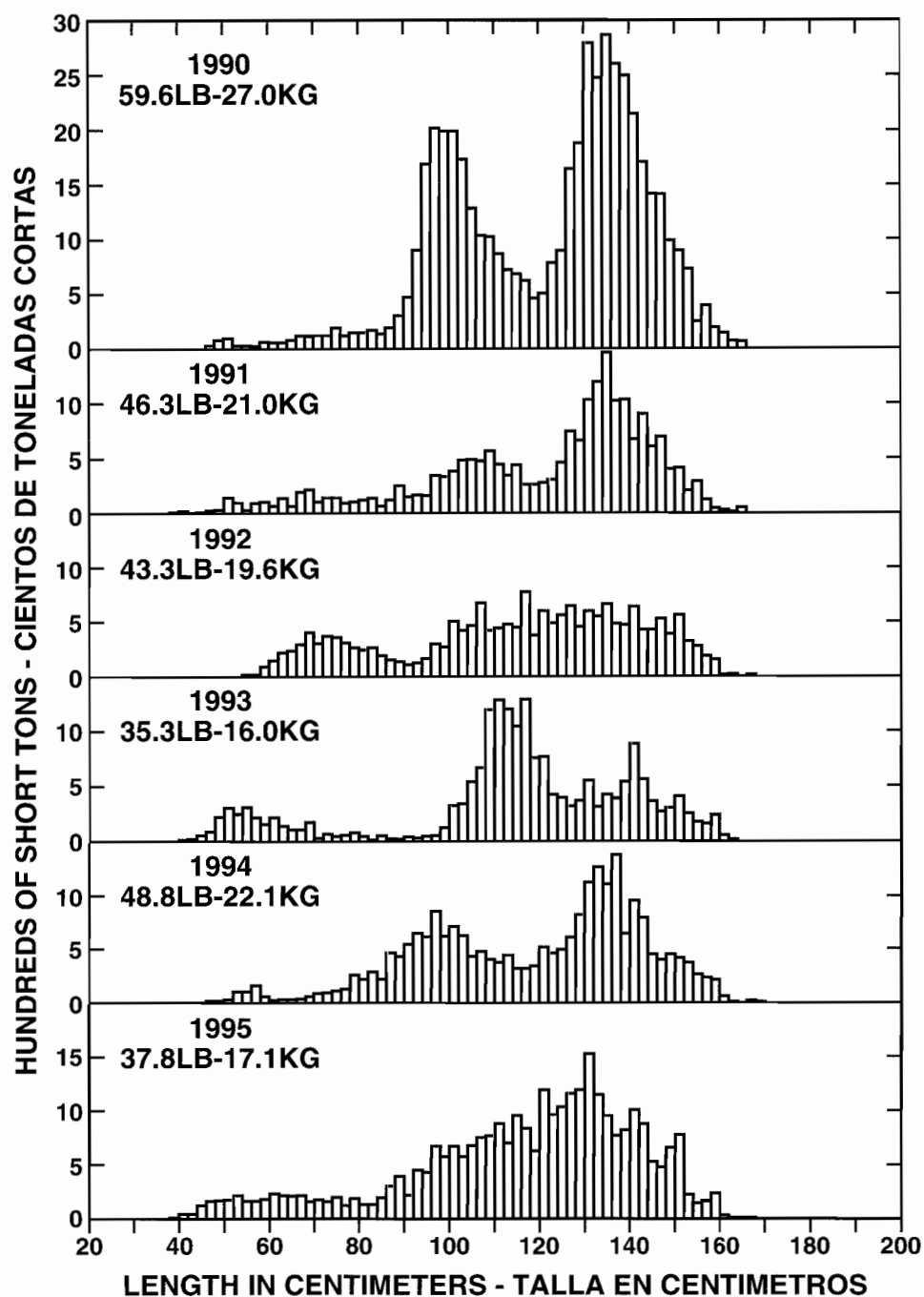
**FIGURE 14.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the market-measurement areas of the CYRA in 1995. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 14.** Captura estimada de aleta amarilla por artes de superficie en las zonas de medición del ARCAA en 1995. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



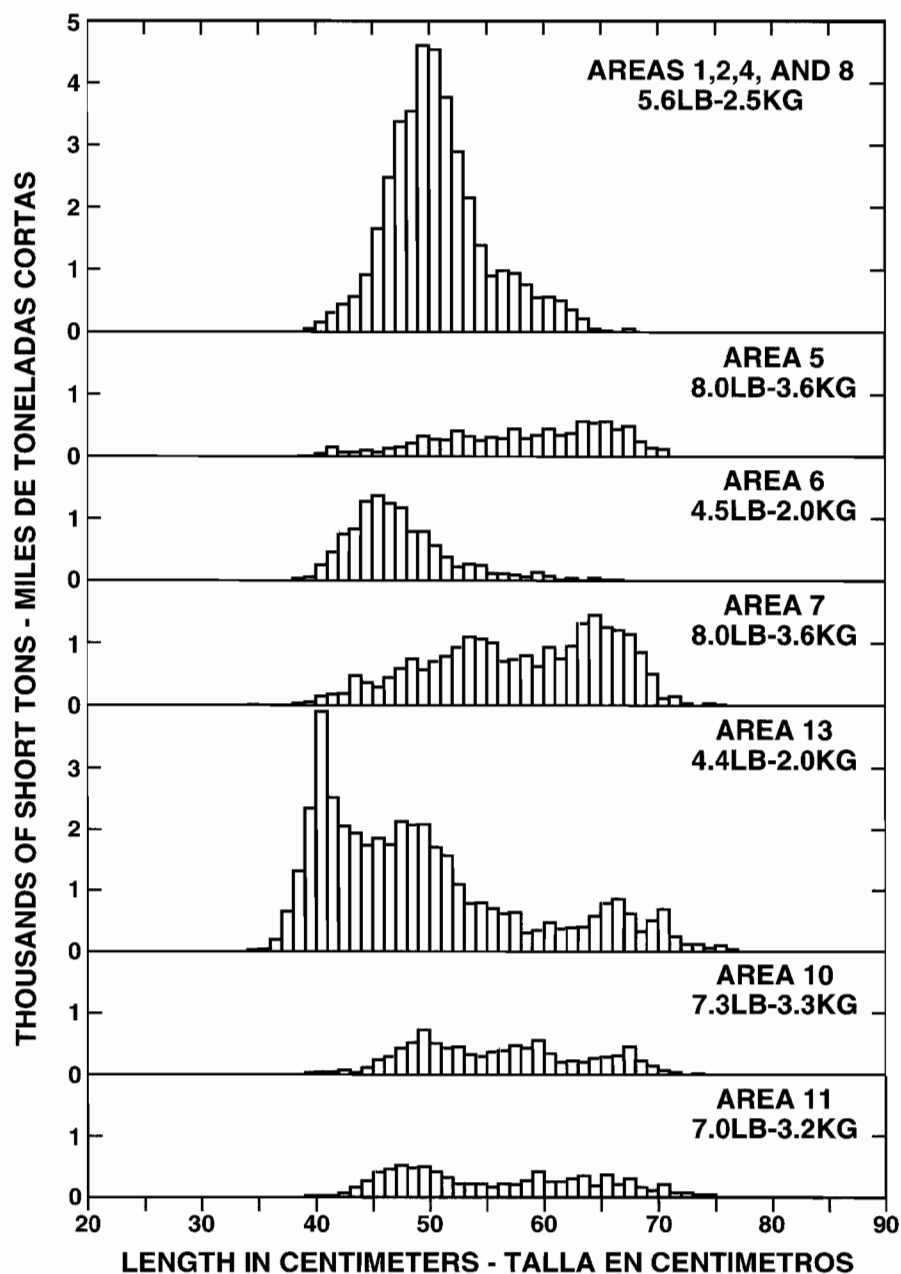
**FIGURE 15.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the CYRA. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 15.** Captura estimada de aleta amarilla en el ARCAA por artes de superficie. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



**FIGURE 16.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the area between the CYRA boundary and 150°W. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

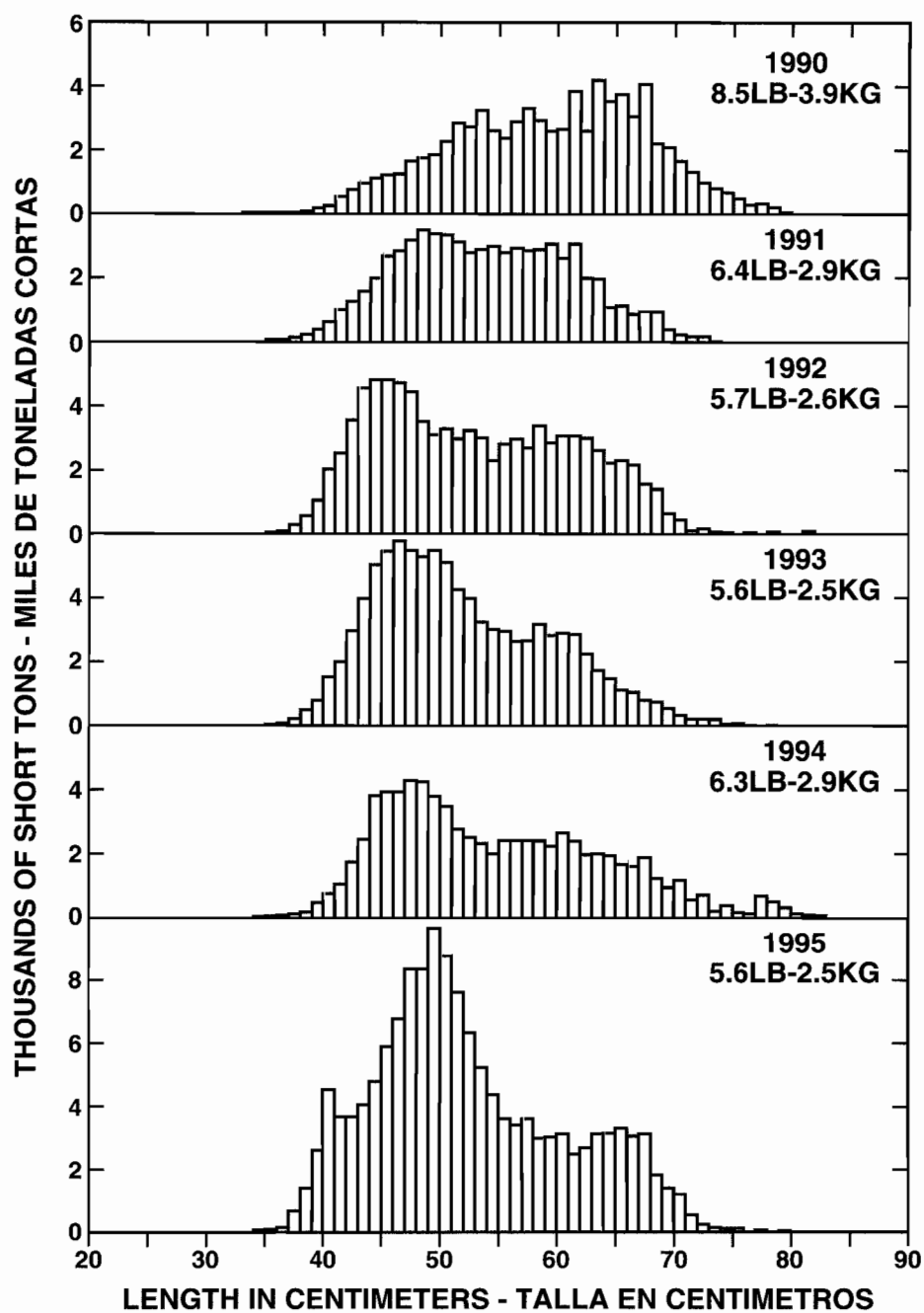
**FIGURA 16.** Captura estimada de aleta amarilla por artes de superficie en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.



**FIGURE 17.** Estimated catches of skipjack in selected areas of the eastern Pacific Ocean in 1995. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

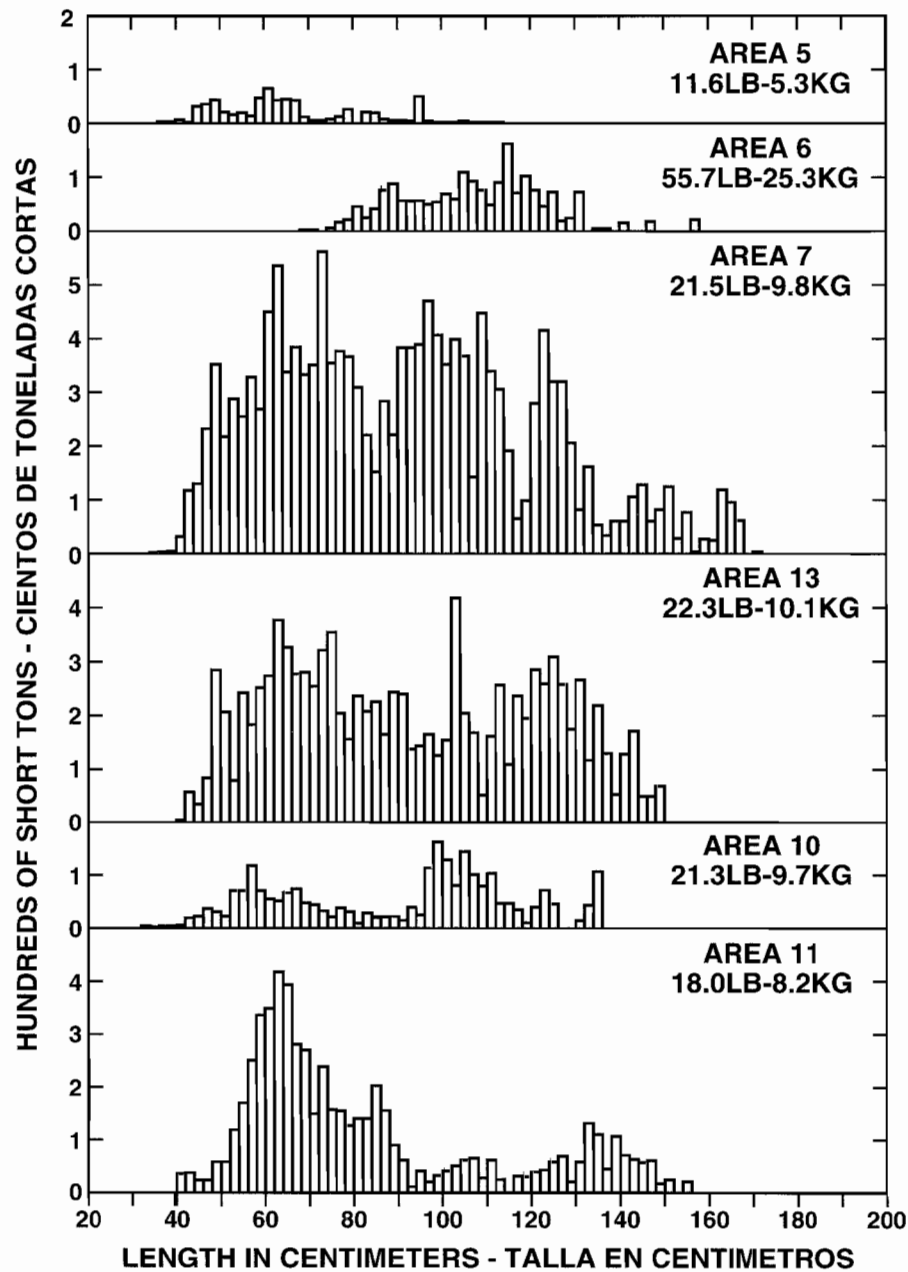
**FIGURA 17.** Captura estimada de barrilete en áreas seleccionadas del Océano Pacífico oriental en 1995. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.





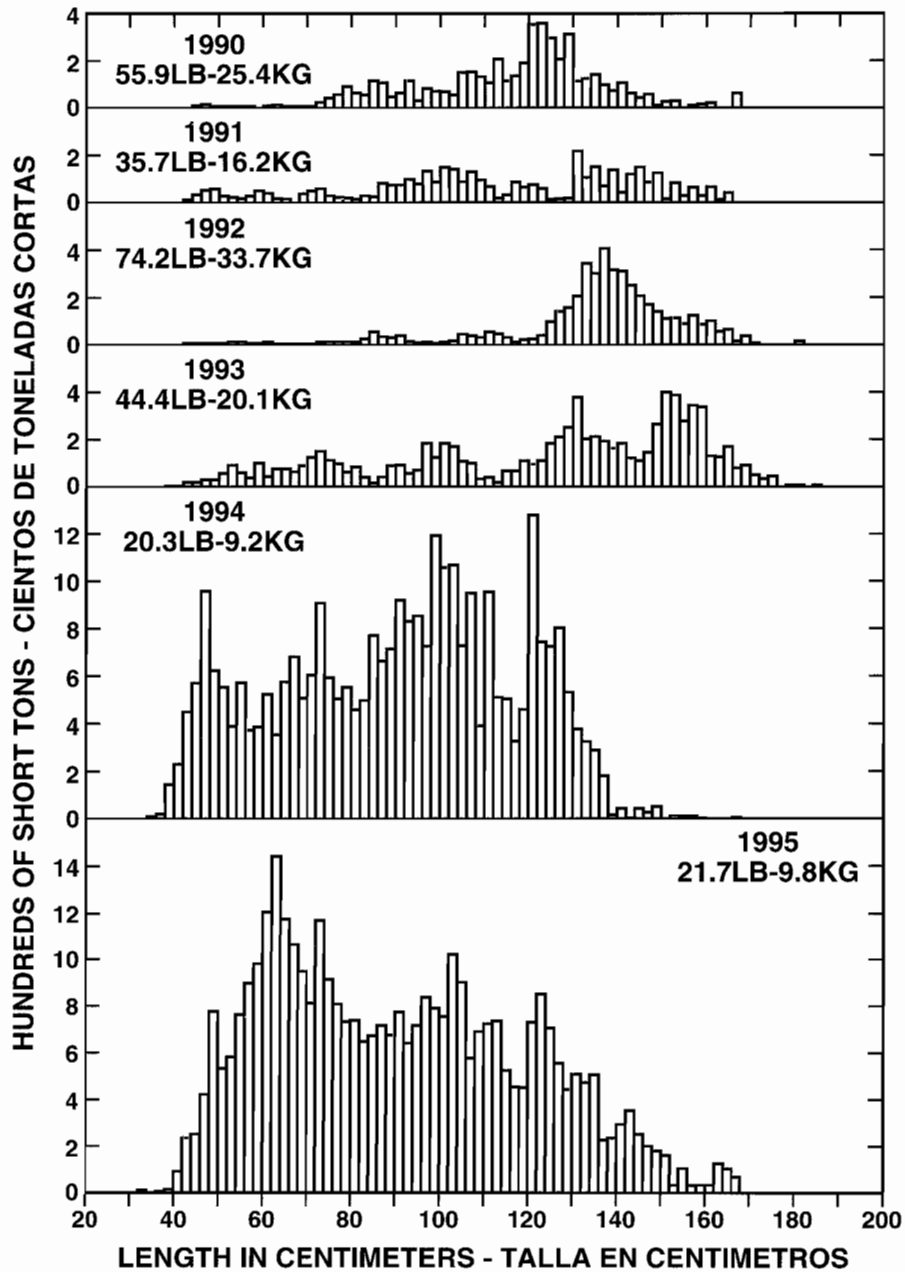
**FIGURE 18.** Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 18.** Captura estimada de barrilete en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



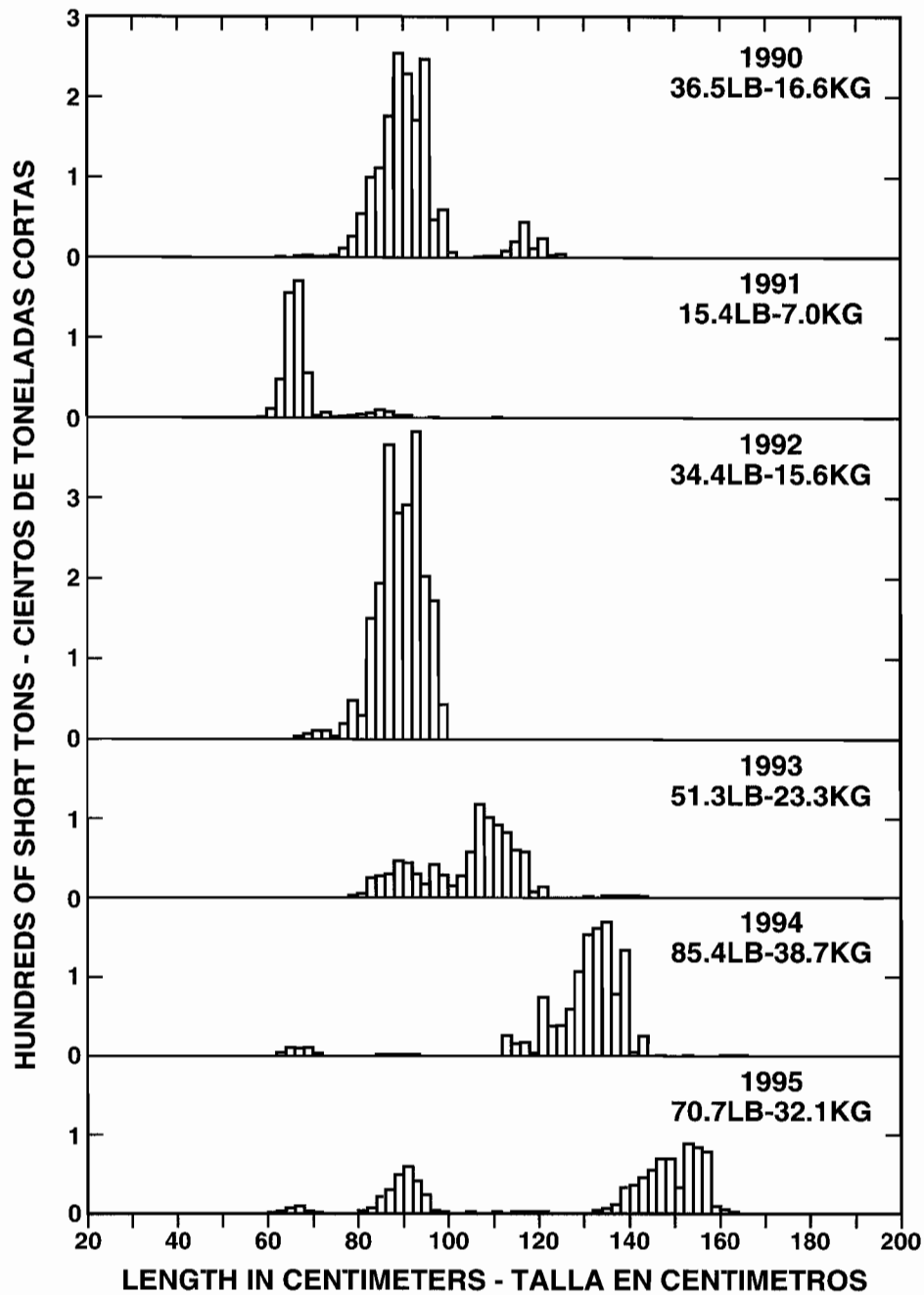
**FIGURE 19.** Estimated catches of bigeye by surface gear in the market-measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1995. The values in the upper right corner of the panels are average weights.

**FIGURA 19.** Captura estimada de patudo por artes de superficie en las zonas de medición del Océano Pacífico oriental in 1995. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



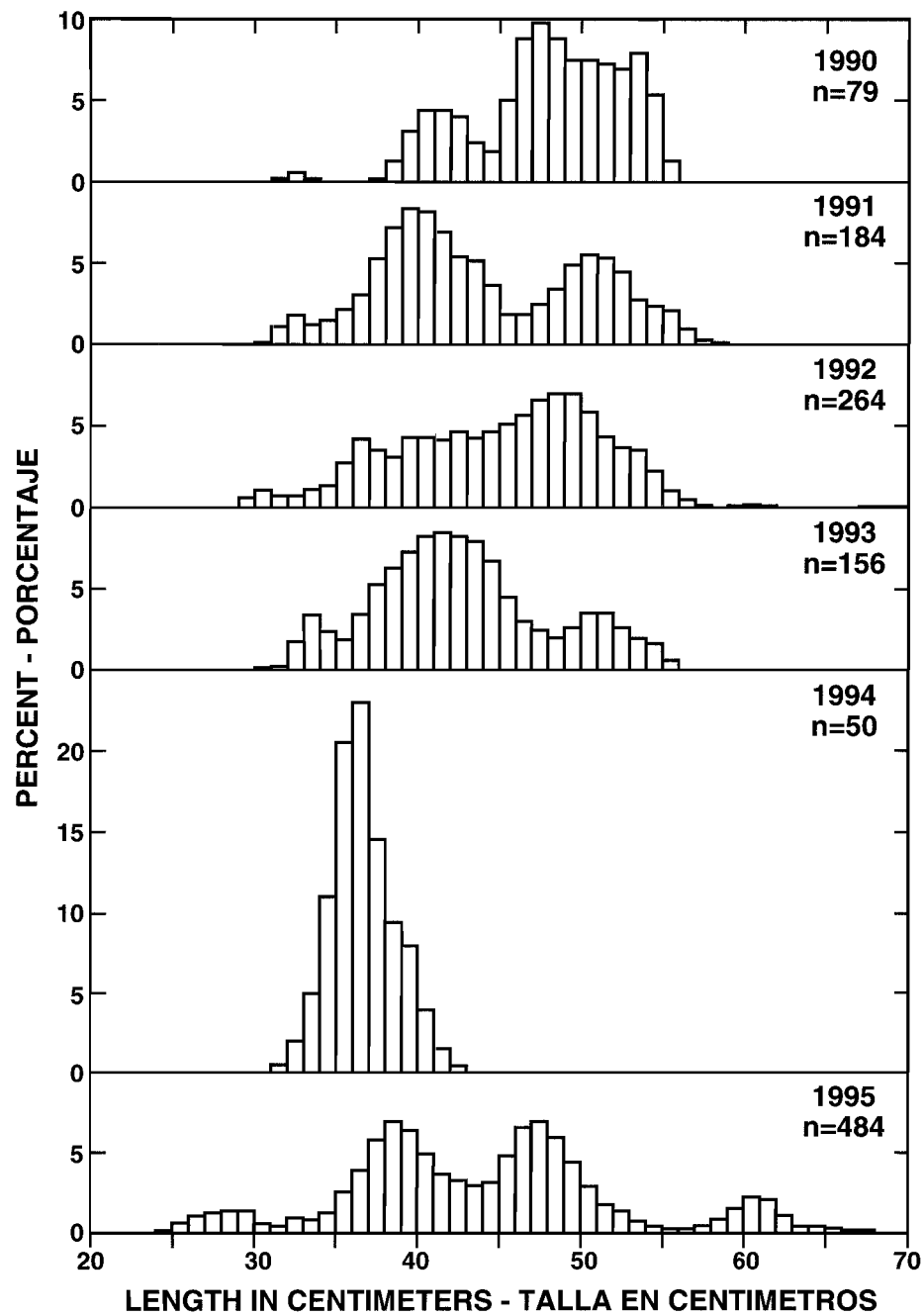
**FIGURE 20.** Estimated catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

**FIGURA 20.** Captura estimada de patudo por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.



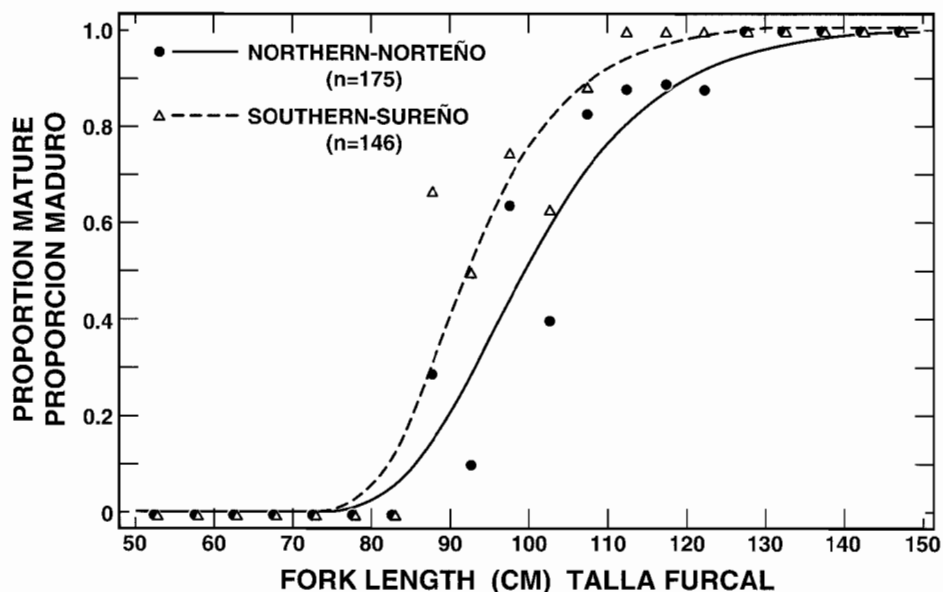
**FIGURE 21.** Estimated catches of northern bluefin by surface gear in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 21.** Captura estimada de aleta azul del norte por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



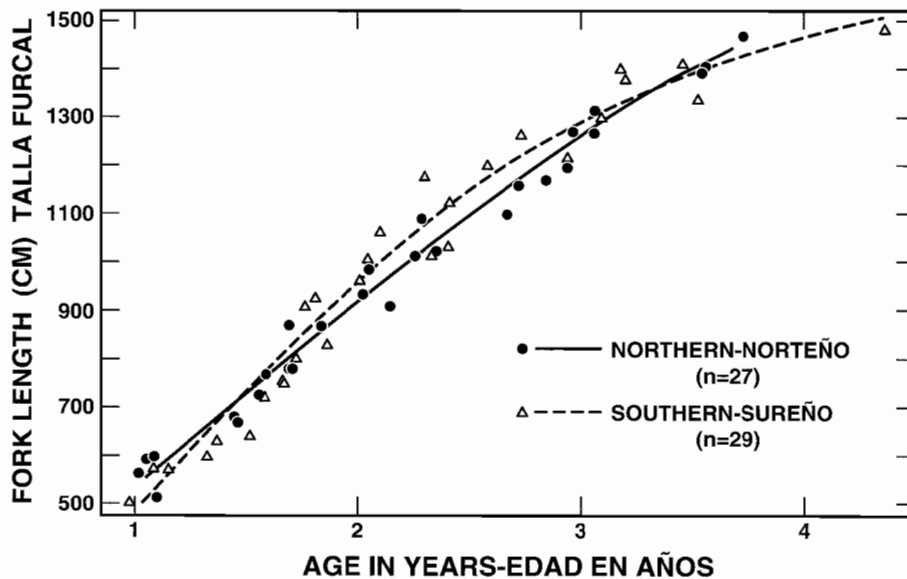
**FIGURE 22.** Annual length frequencies of black skipjack caught in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 22.** Distribución anual de la frecuencia de talla de barriletes negros capturados en el Océano Pacífico oriental.



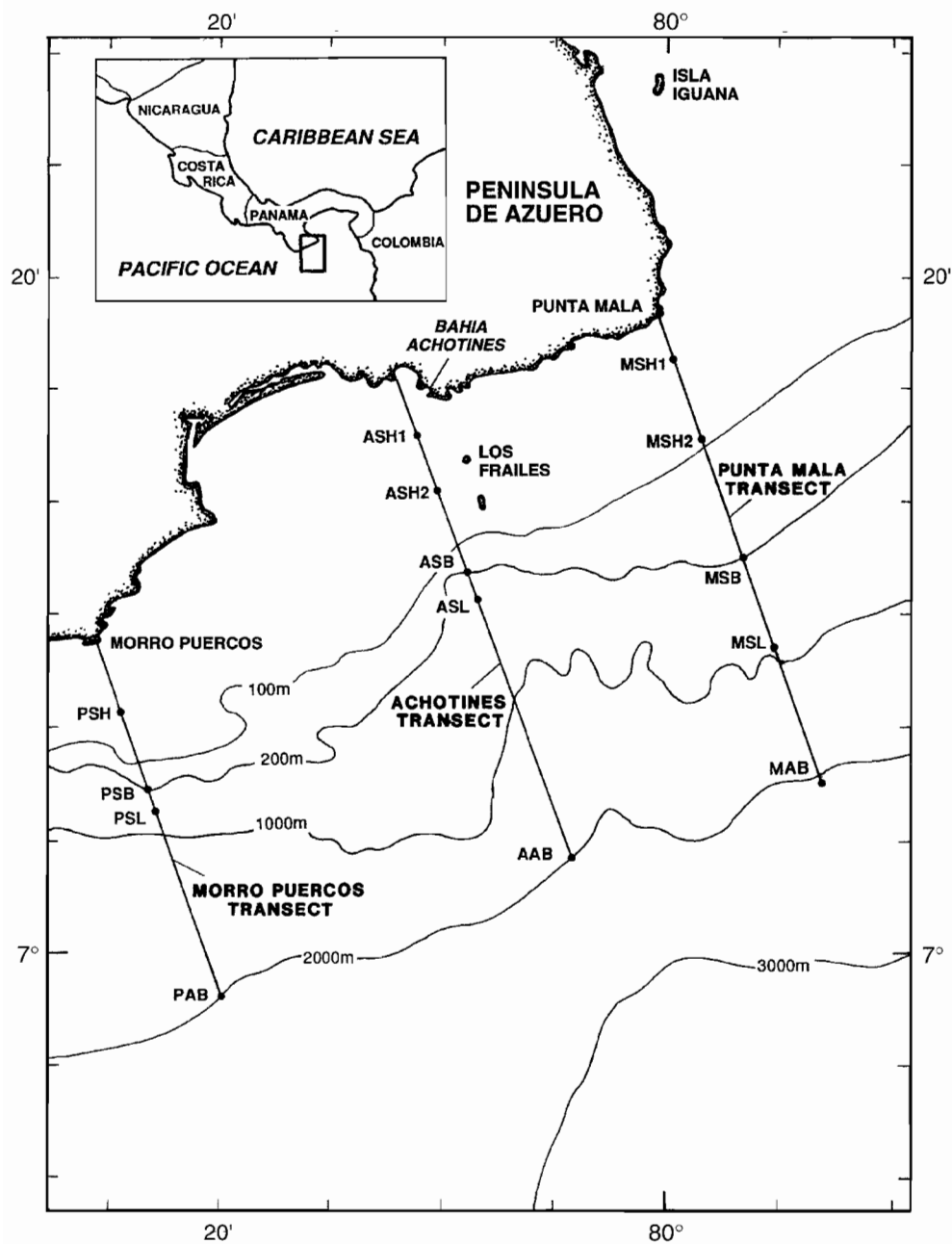
**FIGURE 23.** Proportions of female yellowfin tuna which have attained maturity, as determined by ovarian development, in two areas of the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 23.** Proporciones de aletas amarillas hembras que han alcanzado la madurez, determinada a partir del desarrollo de los ovarios, en dos áreas del Océano Pacífico oriental.



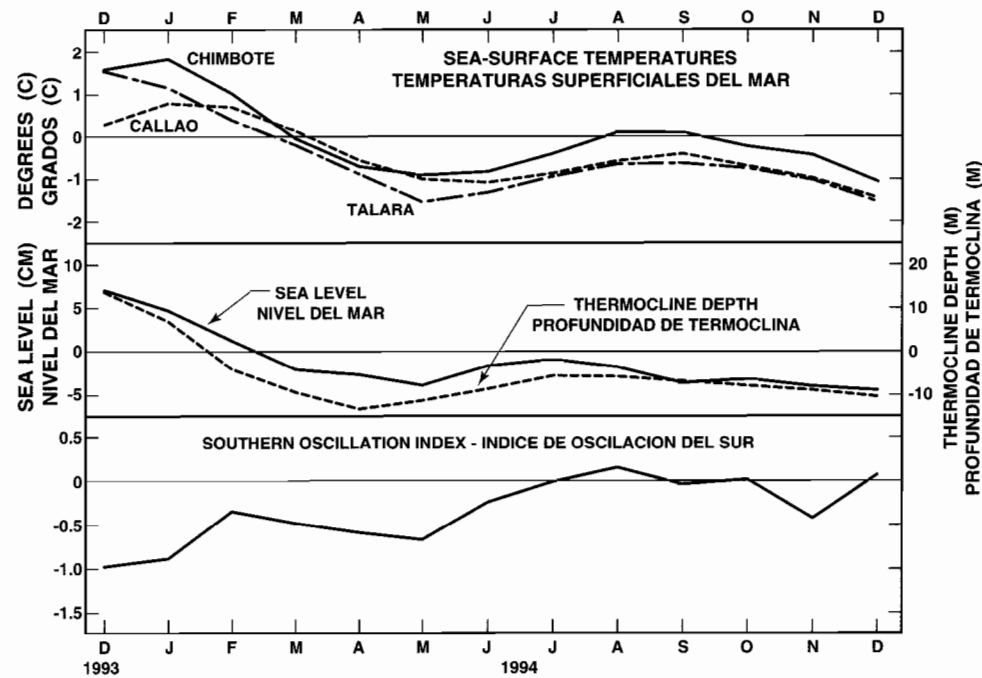
**FIGURE 24.** Growth of female yellowfin tuna, as determined by examination of their otoliths, in two areas of the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 24.** Crecimiento de aletas amarillas hembras, determinado a partir de análisis de los otolitos, en dos áreas del Océano Pacífico oriental.



**FIGURE 25.** Location of Achotines Bay, Panama. The Achotines Laboratory is located on the east side of the bay. The dots on the transects represent sampling stations.

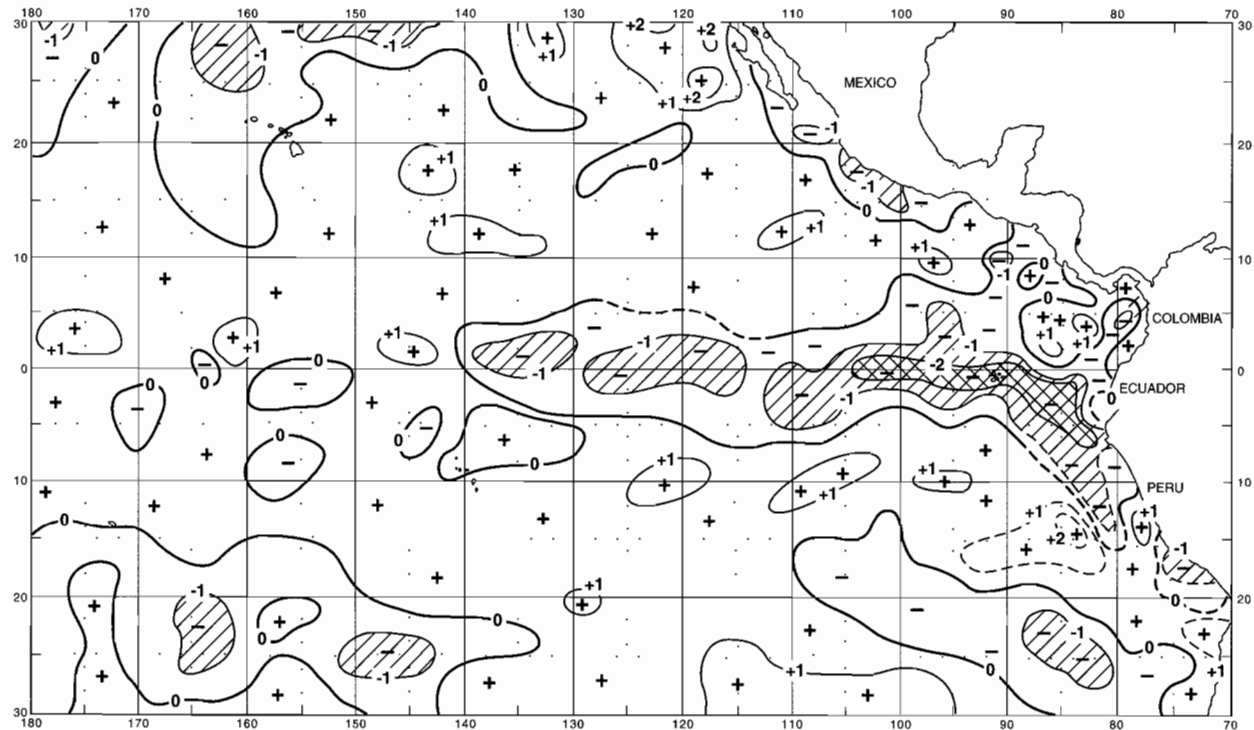
**FIGURA 25.** Ubicación de la Bahía de Achotines, Panamá. El laboratorio está situado al borde este de la bahía. Los puntos en los transectos representan estaciones de muestreo.



**FIGURE 26.** Three-month running means of Southern Oscillation Indices (SOIs) and anomalies of sea-surface temperatures (SSTs), sea levels, and thermocline depths. The SST anomalies are based on averages of monthly mean anomalies at Callao, Chimbote, and Talara, Peru. The sea-level anomalies are based on the averages of the mean monthly anomalies at four coastal stations from Buenaventura, Colombia, to Callao, Peru. The thermocline depth anomalies are represented by monthly mean depths of the 20°C isotherm in the eastern tropical Pacific east of 110°W between 5°N and 5°S.

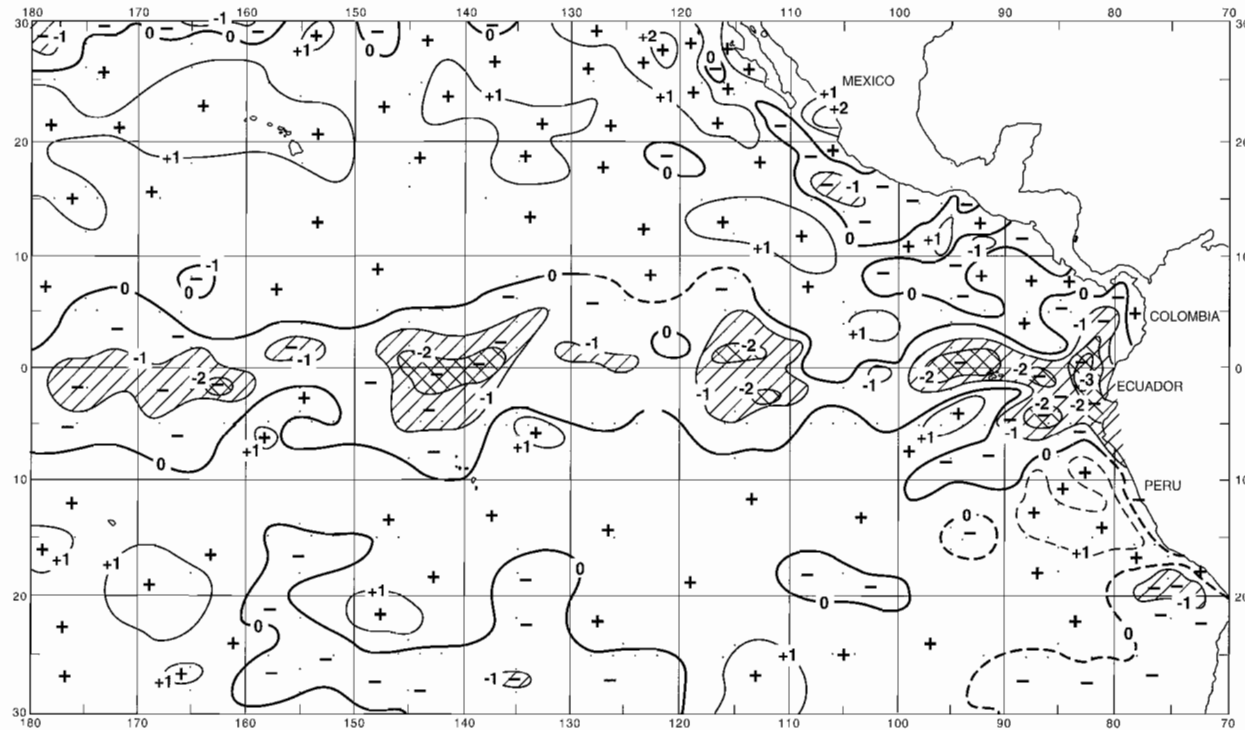
**FIGURA 26.** Promedios móviles de tres meses del Índice de Oscilación del Sur (IOS), y anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM), nivel del mar, y profundidad de la termoclina. Las anomalías de las TSM se basan en los promedios de las anomalías mensuales medias en Callao, Chimbote, y Talara (Perú). Las anomalías del nivel del mar se basan en los promedios de las anomalías mensuales medias en cuatro estaciones costeras entre Buenaventura (Colombia) y Callao (Perú). Las anomalías de la profundidad de la termoclina son representadas por la profundidad mensual media de la isoterma de 20°C en el Pacífico tropical oriental al este de 110°W entre 5°N y 5°S.





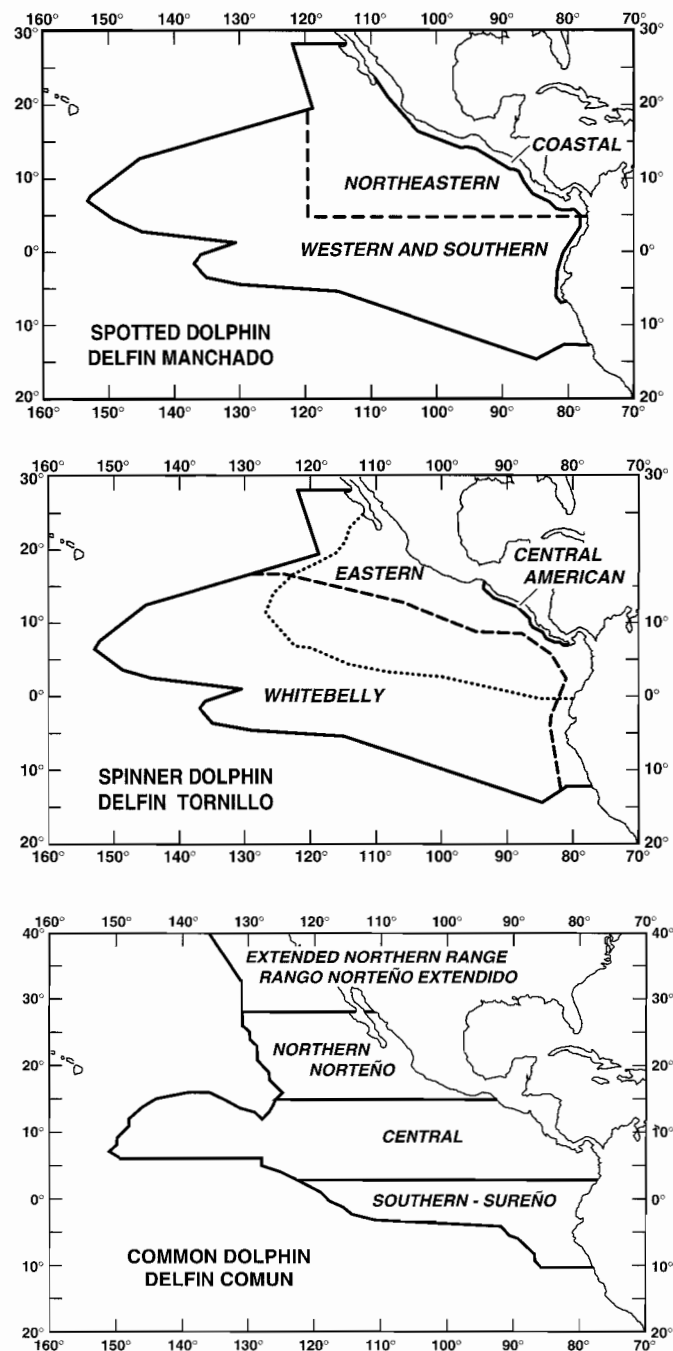
**FIGURE 27.** Sea-surface temperature (SST) anomalies (departures from long-term normals) for April 1995, based on data from fishing boats and other types of commercial vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C below normal are hatched, and those with SSTs more than 2°C below normal are cross-hatched. The contours are dashed in areas with sparse data.

**FIGURA 27.** Anomalías de las TSM (desviaciones del nivel normal a largo plazo) en abril de 1995, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y buques comerciales de otros tipos. Las áreas sombreadas mostraron TSM más de 1°C inferiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de 2°C inferiores a lo normal. Los contornos de trazos señalan áreas con datos escasos.



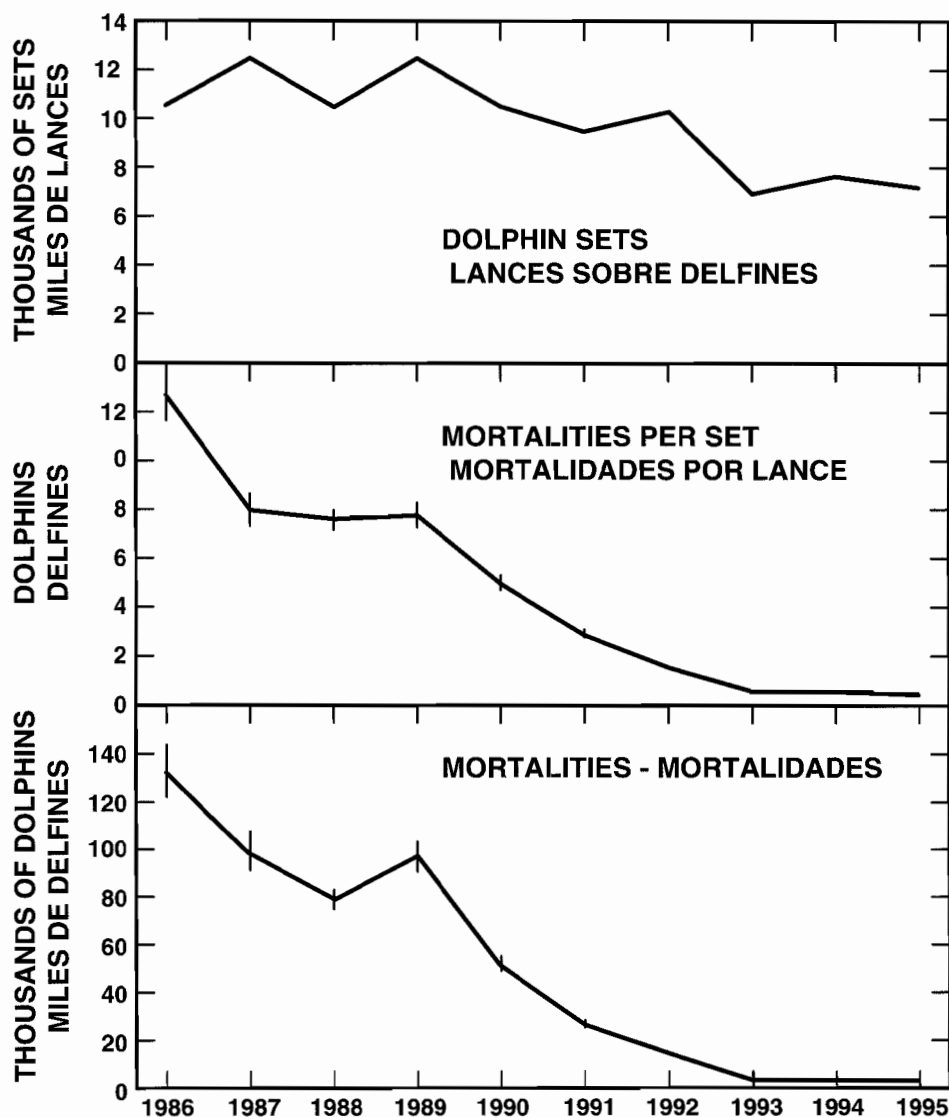
**FIGURE 28.** Sea-surface temperature (SST) anomalies (departures from long term normals) for December 1995, based on data from fishing boats and other types of commercial vessels. The areas with SSTs from  $1^{\circ}$  to  $2^{\circ}\text{C}$  below normal are hatched, and those areas with SSTs more than  $2^{\circ}\text{C}$  below normal are cross-hatched. The contours are dashed in areas with sparse data.

**FIGURA 28.** Anomalías de las TSM (desviaciones del nivel normal a largo plazo) en diciembre de 1995, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y buques comerciales de otros tipos. Las áreas sombreadas mostraron TSM más de  $1^{\circ}\text{C}$  inferiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de  $2^{\circ}\text{C}$  inferiores a lo normal. Las contornos de trazos señalan áreas con datos escasos.



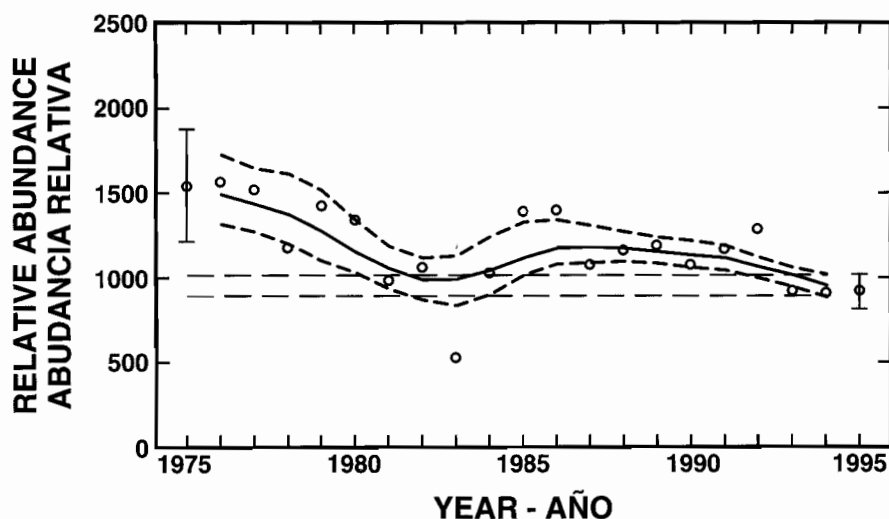
**FIGURE 29.** Average distributions of the stocks of spotted, spinner, and common dolphins in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 29.** Distribuciones medias de los stocks de delfines manchados, tornillos, y comunes en el Océano Pacífico oriental.



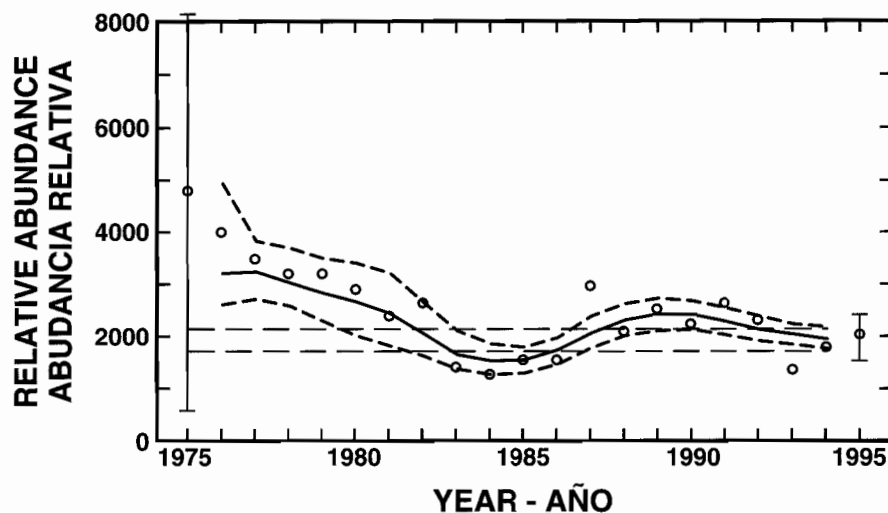
**FIGURE 30.** Estimated numbers of sets on tunas associated with dolphins, average mortalities per set, and total mortalities, for all species of dolphins combined, caused by the surface fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean during 1995. Each vertical line represents one positive and one negative standard error.

**FIGURA 30.** Número estimado de lances sobre atunes asociados con delfines, mortalidades medias por lance, y mortalidades totales, para todas las especies de delfines, causadas por la pesquería atunera de superficie en el Océano Pacífico oriental durante 1995. Cada línea vertical representa un error estándar positivo y un error estándar negativo.



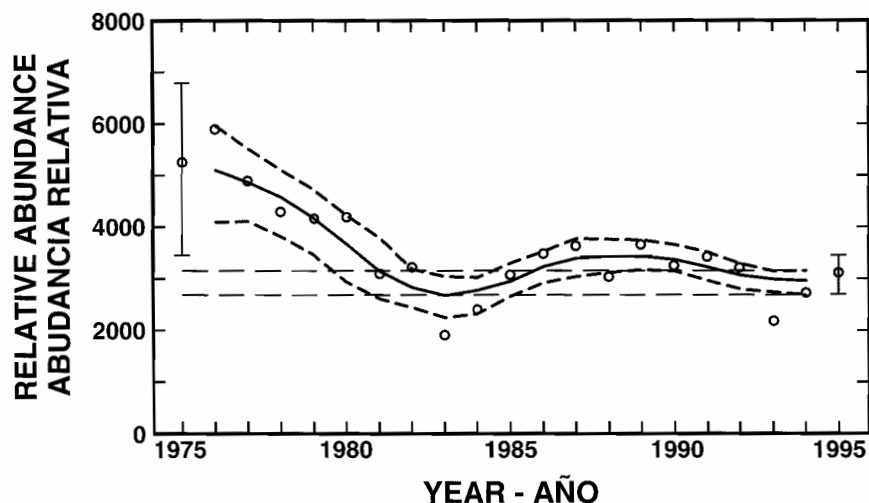
**FIGURE 31.** Smoothed trends in abundance of the northeastern offshore stock of spotted dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 31.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock nororiental de altamar del delfín manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican los estimaciones de puntas y las líneas de trazos superior e inferior indican los límites de confianza aproximados de 85%.

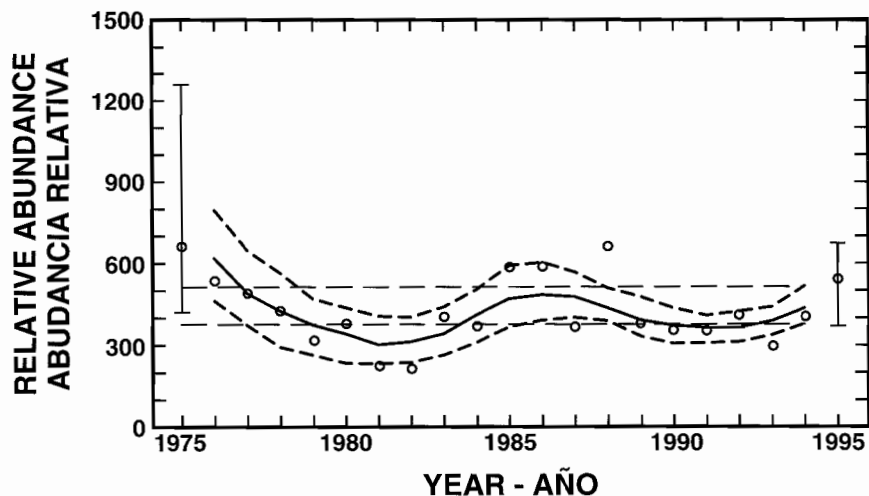


**FIGURE 32.** Smoothed trends in abundance of the western and southern offshore stock of spotted dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

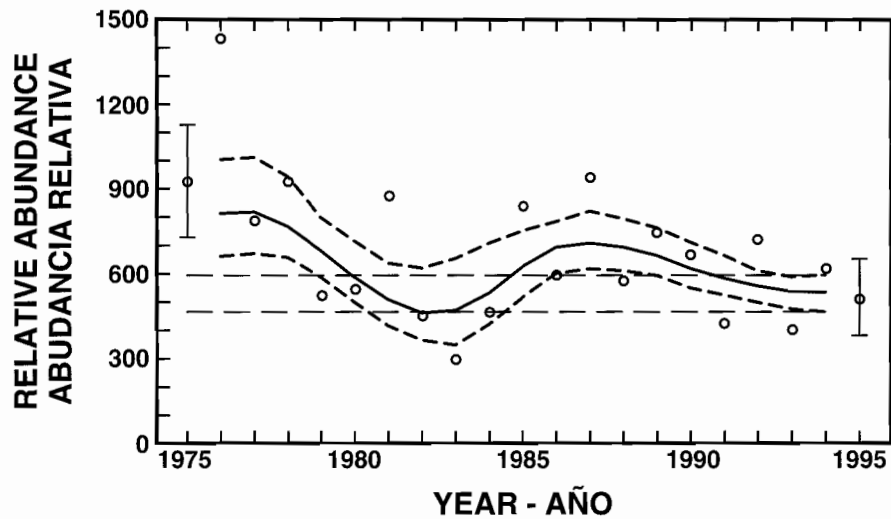
**FIGURA 32.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock occidental y sureño de altamar del delfín manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican los estimaciones de puntas y las líneas de trazos superior e inferior indican los límites de confianza aproximados de 85%.



**FIGURE 33.** Smoothed trends in the abundance of the combined northeastern and the western and southern stocks of the spotted dolphin in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.  
**FIGURA 33.** Tendencias suavizadas en la abundancia de los stocks nororiental y occidental y sureño combinados de altamar del delfín manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican los estimaciones de puntas y las líneas de trazos superior e inferior indican los límites de confianza aproximados de 85%.

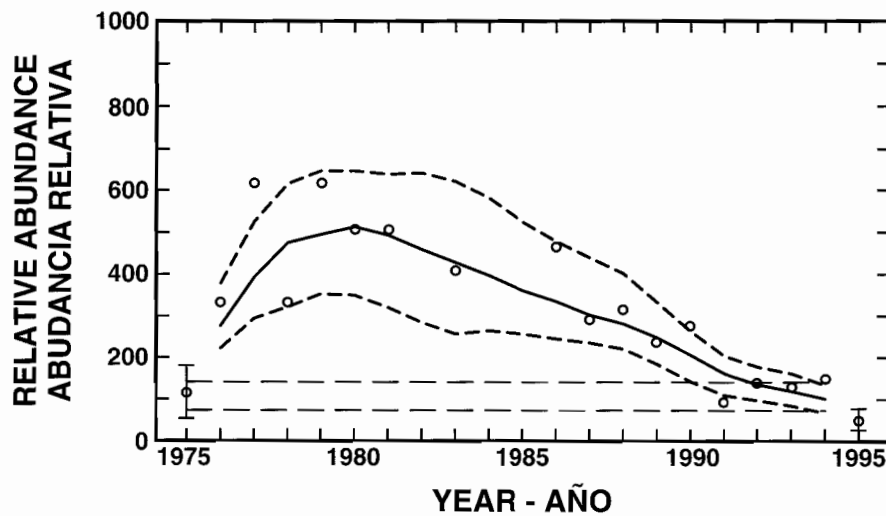


**FIGURE 34.** Smoothed trends in abundance of the eastern stock of spinner dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.  
**FIGURA 34.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock oriental del delfín tornillo en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican los estimaciones de puntas y las líneas de trazos superior e inferior indican los límites de confianza aproximados de 85%.



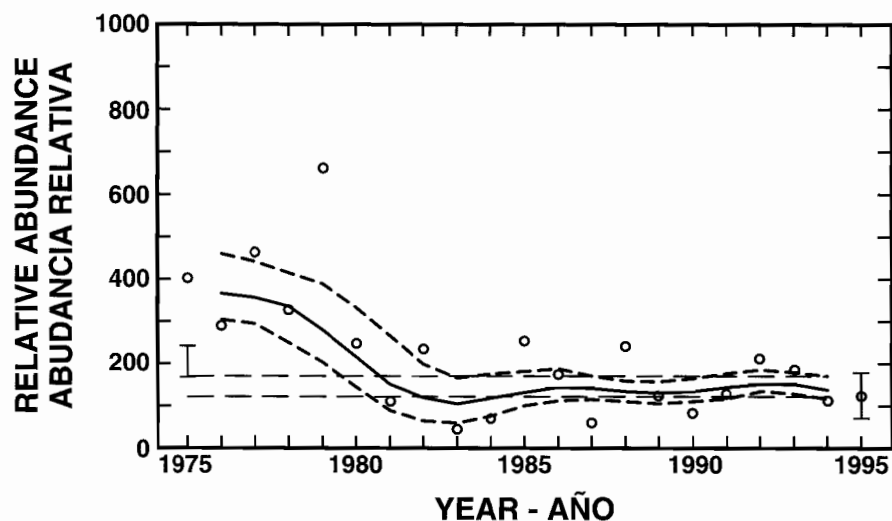
**FIGURE 35.** Smoothed trends in abundance of the whitebelly stock of spinner dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 35.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock panza blanca del delfín tornillo en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican los estimaciones de puntas y las líneas de trazos superior e inferior indican los límites de confianza aproximados de 85%.



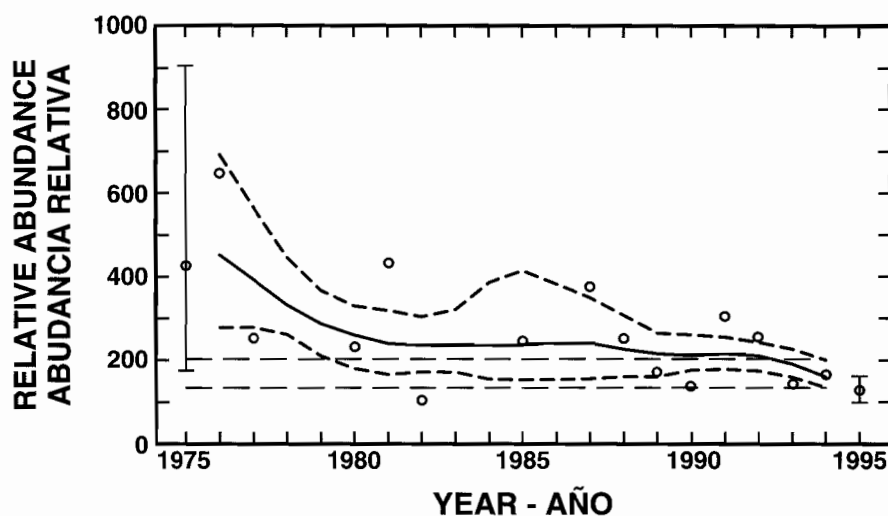
**FIGURE 36.** Smoothed trends in abundance of the northern stock of common dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 36.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock norteño del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican los estimaciones de puntas y las líneas de trazos superior e inferior indican los límites de confianza aproximados de 85%.



**FIGURE 37.** Smoothed trends in abundance of the central stock of common dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

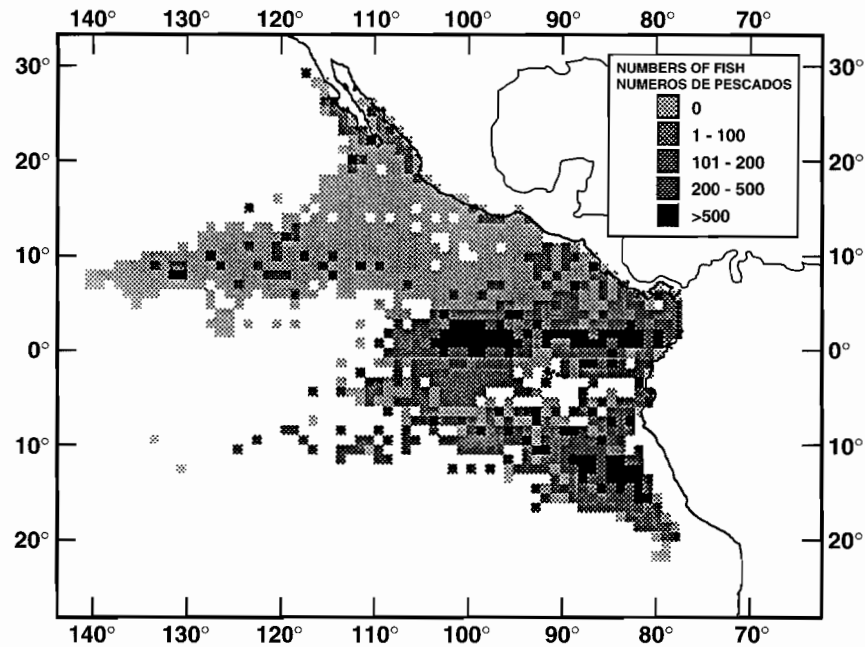
**FIGURA 37.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock central del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican los estimaciones de puntas y las líneas de trazos superior e inferior indican los límites de confianza aproximados de 85%.



**FIGURE 38.** Smoothed trends in abundance of the southern stock of common dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

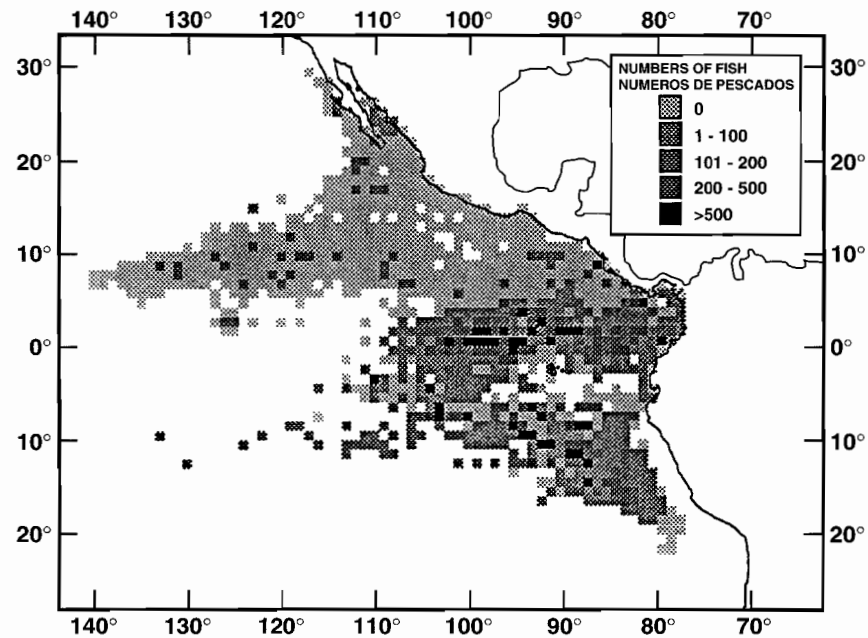
**FIGURA 38.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock sureño del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican los estimaciones de puntas y las líneas de trazos superior e inferior indican los límites de confianza aproximados de 85%.





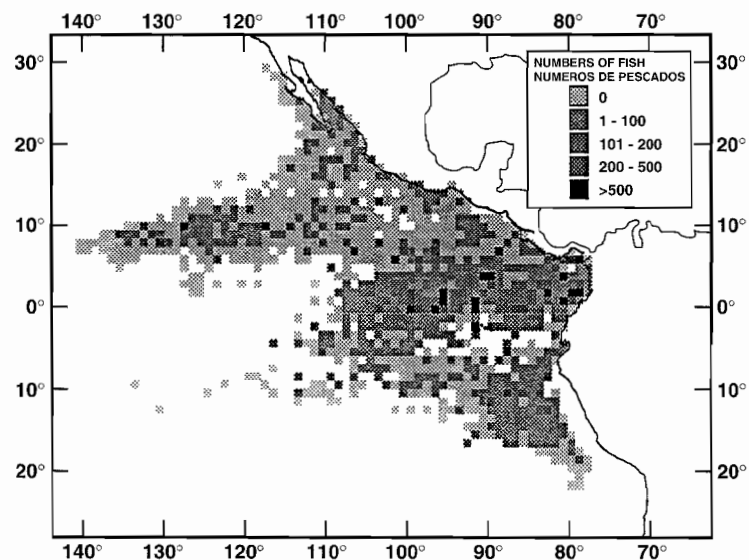
**FIGURE 39.** Distribution of bycatches of mahi-mahi during 1993-1994.

**FIGURA 39.** Distribución de las capturas incidentales de dorado en 1993-1994.



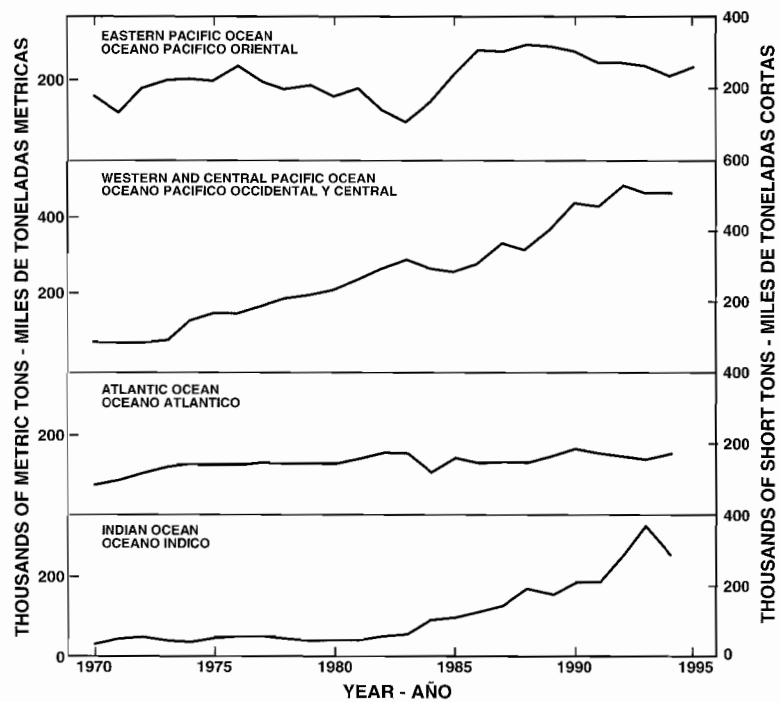
**FIGURE 40.** Distribution of bycatches of wahoo during 1993-1994.

**FIGURA 40.** Distribución de las capturas incidentales de peto en 1993-1994.



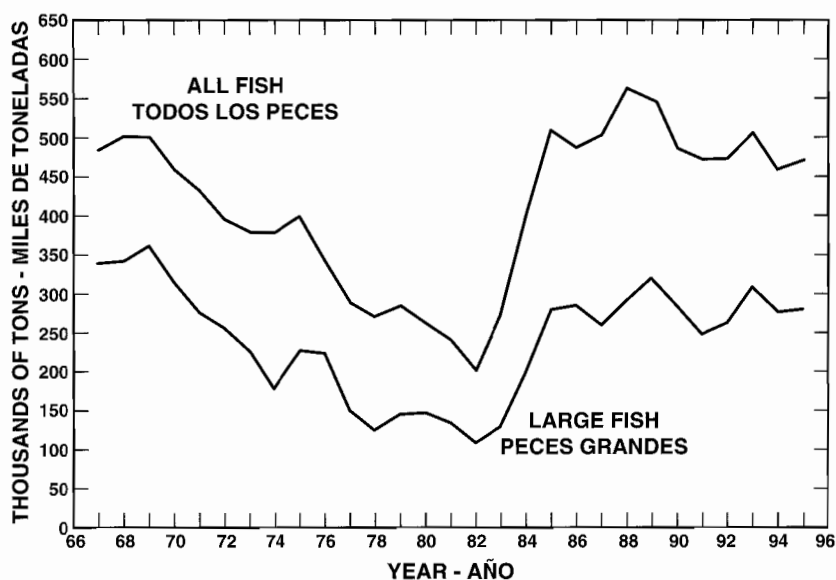
**FIGURE 41.** Distribution of bycatches of blacktip shark during 1993-1994.

**FIGURA 41.** Distribución de las capturas incidentales de tiburones punta negra en 1993-1994.



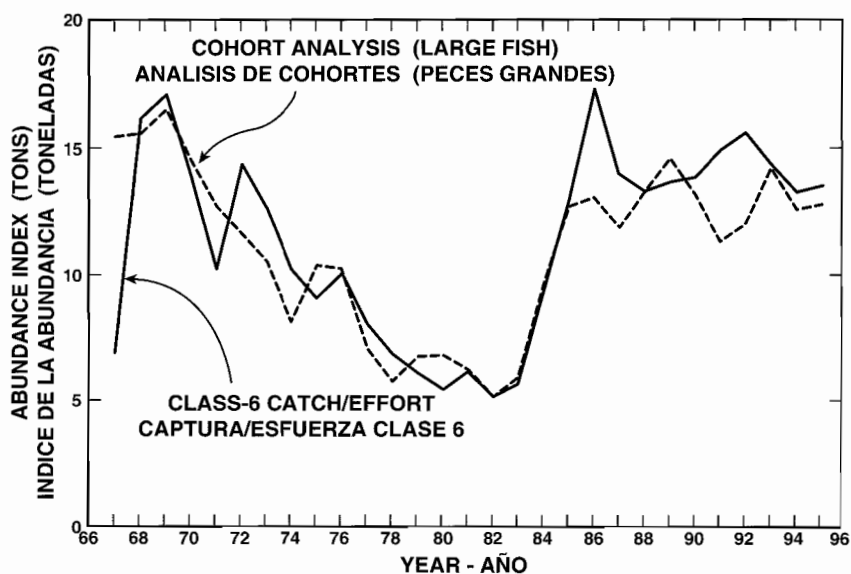
**FIGURE 42.** Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, Atlantic Ocean, and Indian Ocean.

**FIGURA 42.** Captures de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, Océano Pacífico central y occidental, Océano Atlántico, y Océano Índico.



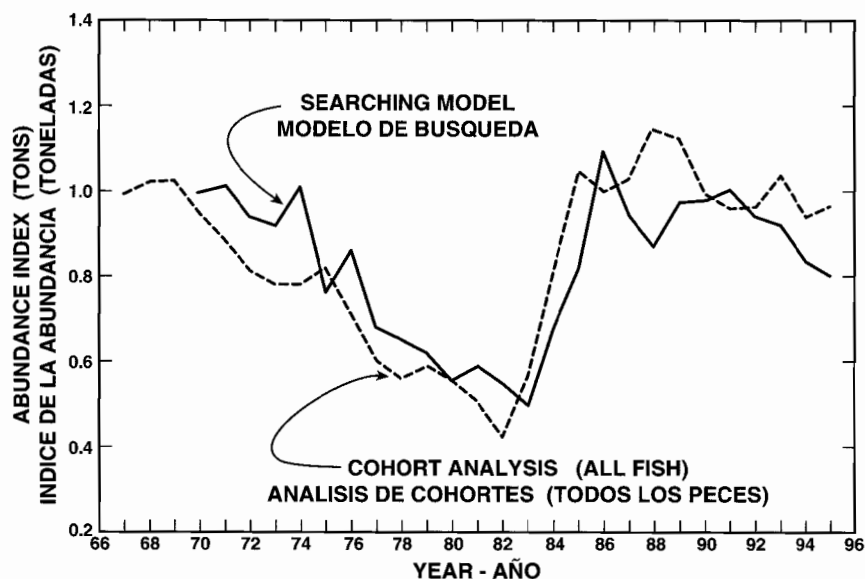
**FIGURE 43.** Estimates of the average biomass of yellowfin in the eastern Pacific Ocean for all fish and for larger fish only.

**FIGURA 43.** Estimaciones de la biomasa media del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental correspondientes a todos los peces y a los peces mayores solamente.



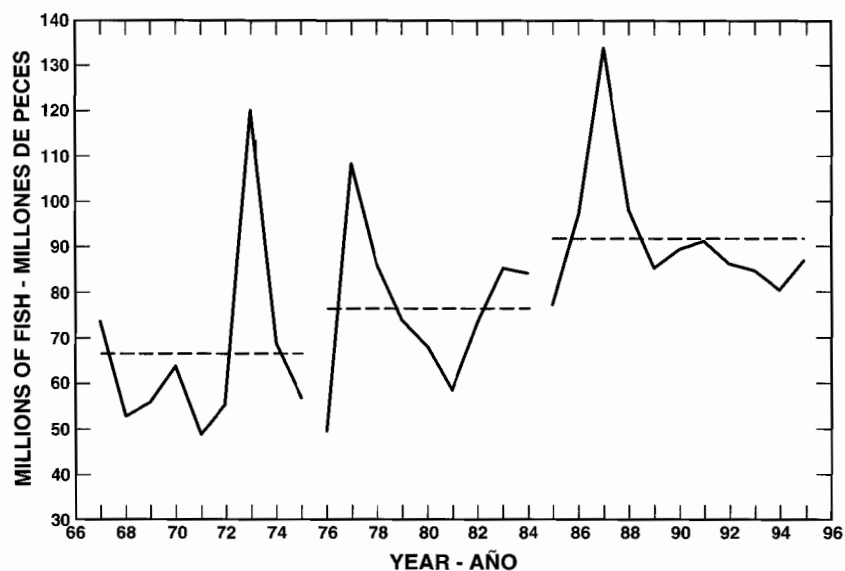
**FIGURE 44.** Indices of abundance of yellowfin derived from CPDF data, together with estimates for the biomass of larger fish obtained from the cohort analyses (adjusted so that the mean is the same as that for the CPDF).

**FIGURA 44.** Indices de abundancia del aleta amarilla derivados de datos de CPDP, junto con estimaciones de la biomasa de los peces de mayor tamaño obtenidas de los análisis de cohortes (ajustadas para que el promedio coincida con el de la CPDP).



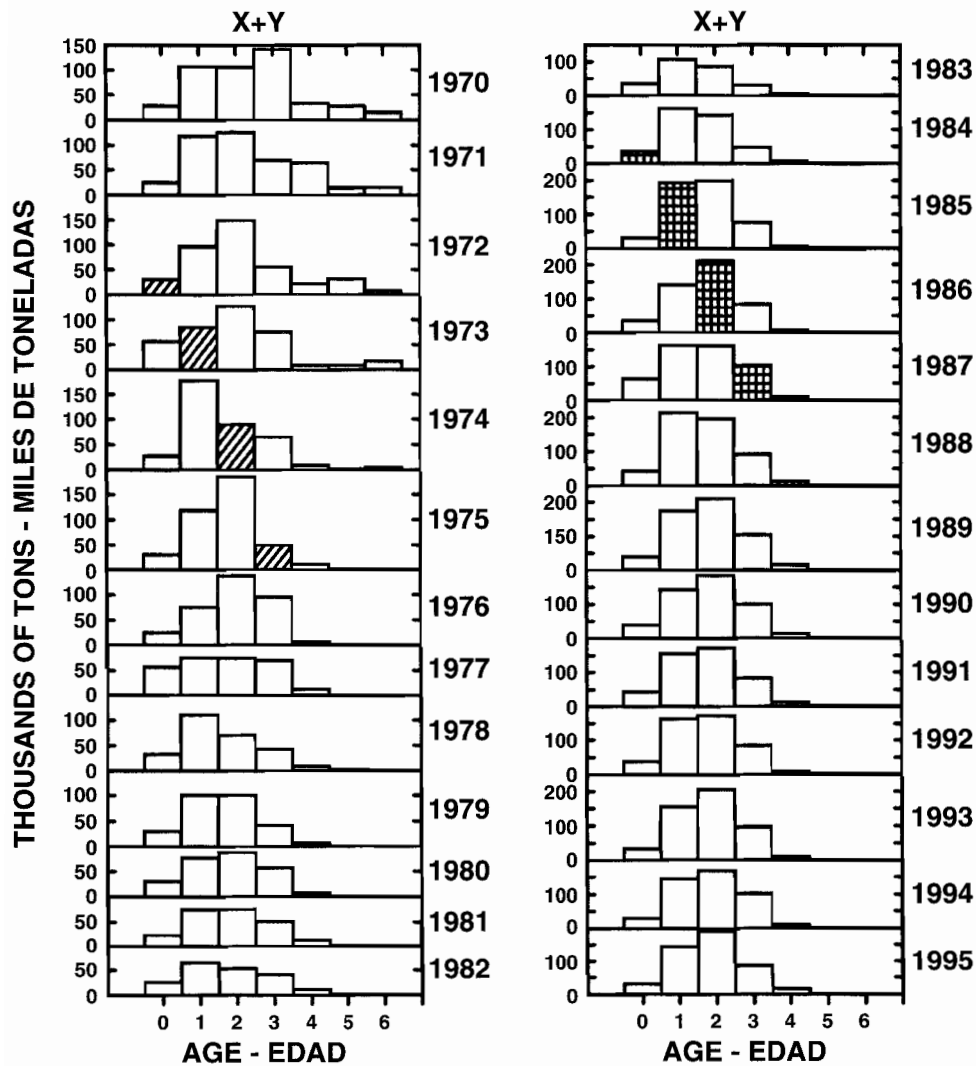
**FIGURE 45.** Indices of abundance of yellowfin derived from searching-time data, together with estimates of the biomass of all fish obtained from the cohort analyses (adjusted so that the mean is the same as that for the searching method).

**FIGURA 45.** Índices de abundancia del aleta amarilla derivados de datos de tiempo de búsqueda, junto con estimaciones de la biomasa de todos los peces obtenido de los análisis de cohortes (ajustadas para que el promedio coincida con el del método de tiempo de búsqueda).



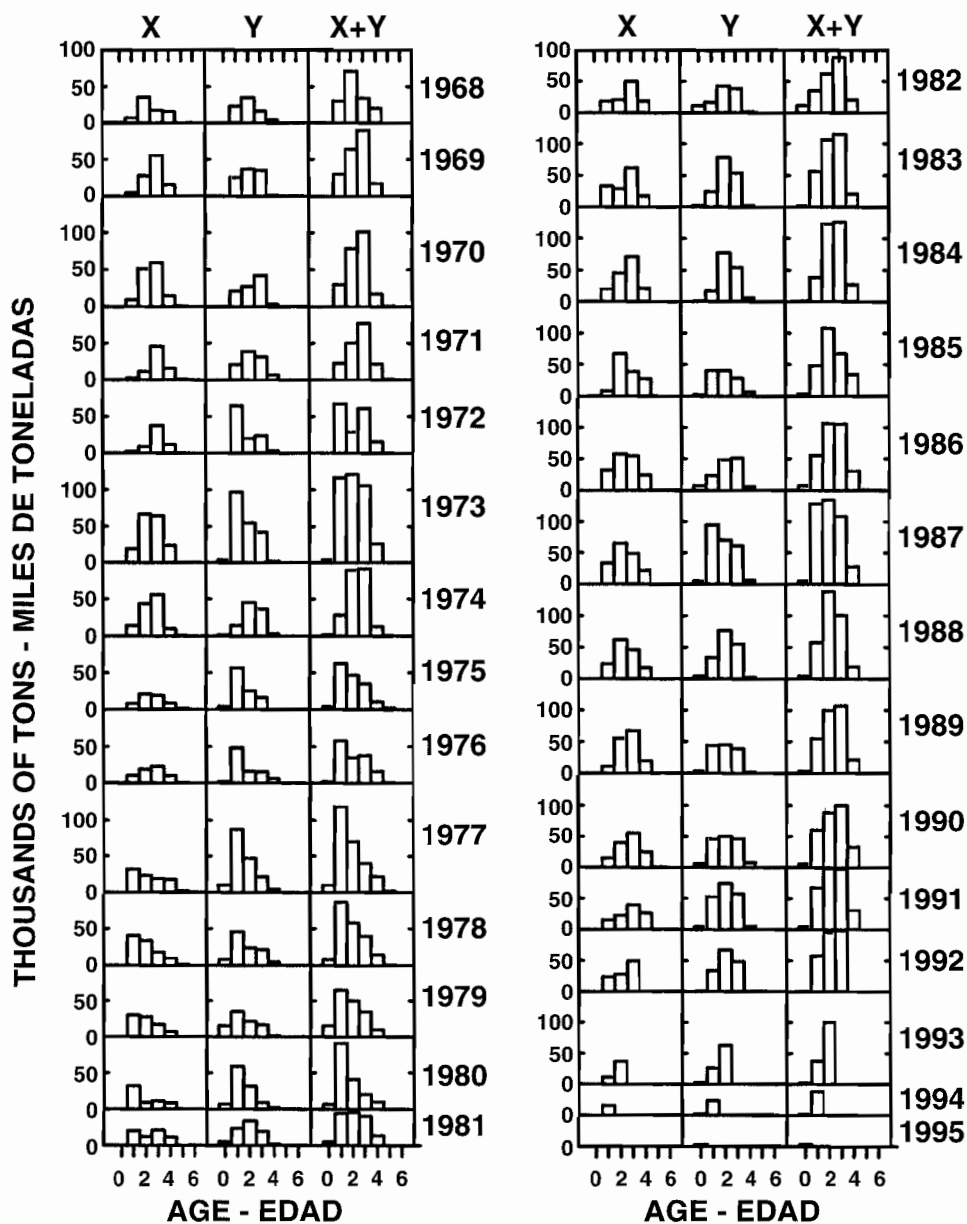
**FIGURE 46.** Indices of recruitment of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, with the average indices for 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1995.

**FIGURA 46.** Índices de reclutamiento de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, con los índices medios de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1995.



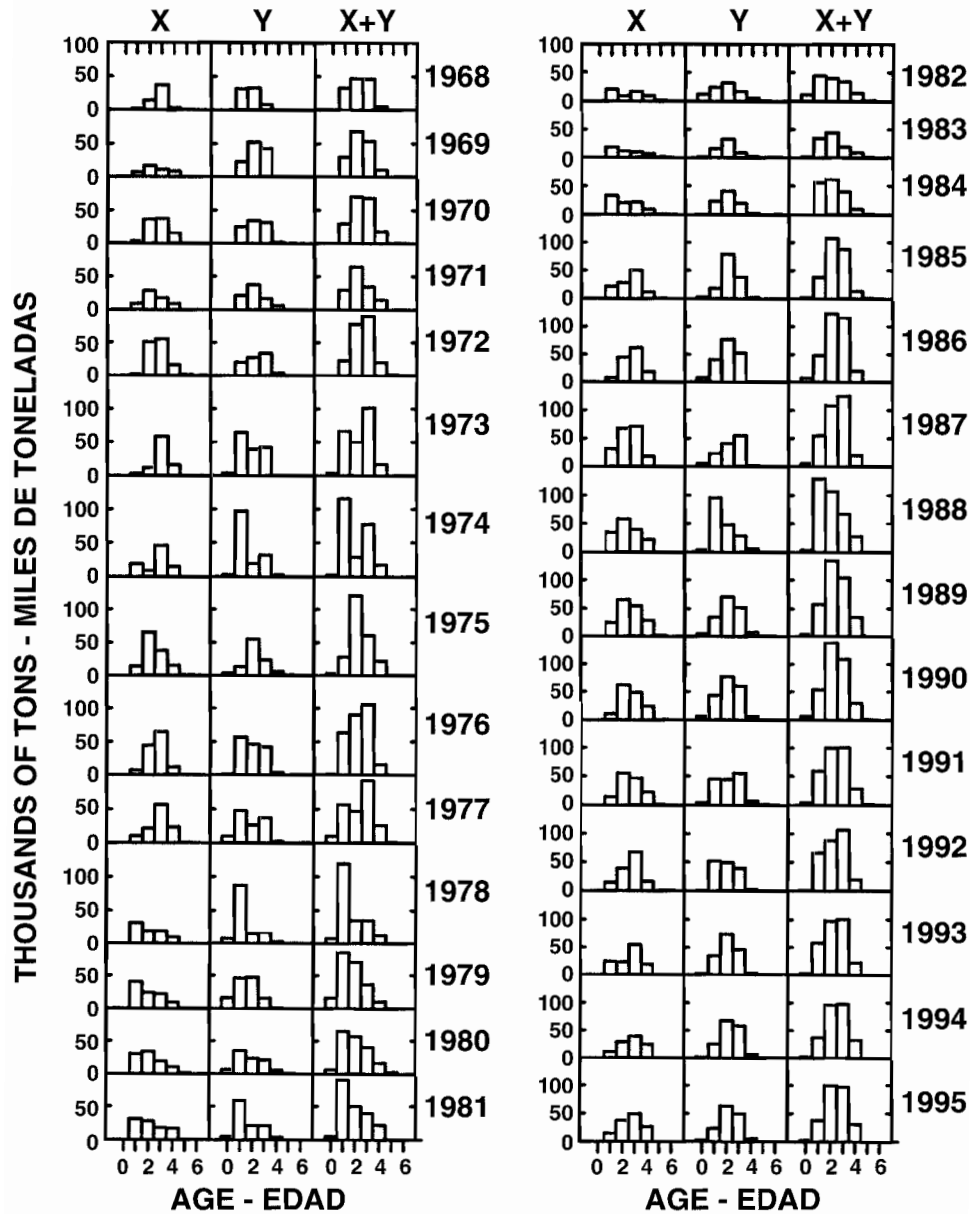
**FIGURE 47.** Estimates of the annual average biomasses, by age group, of yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 47.** Estimaciones de la biomasa anual media del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, por grupo de edad.



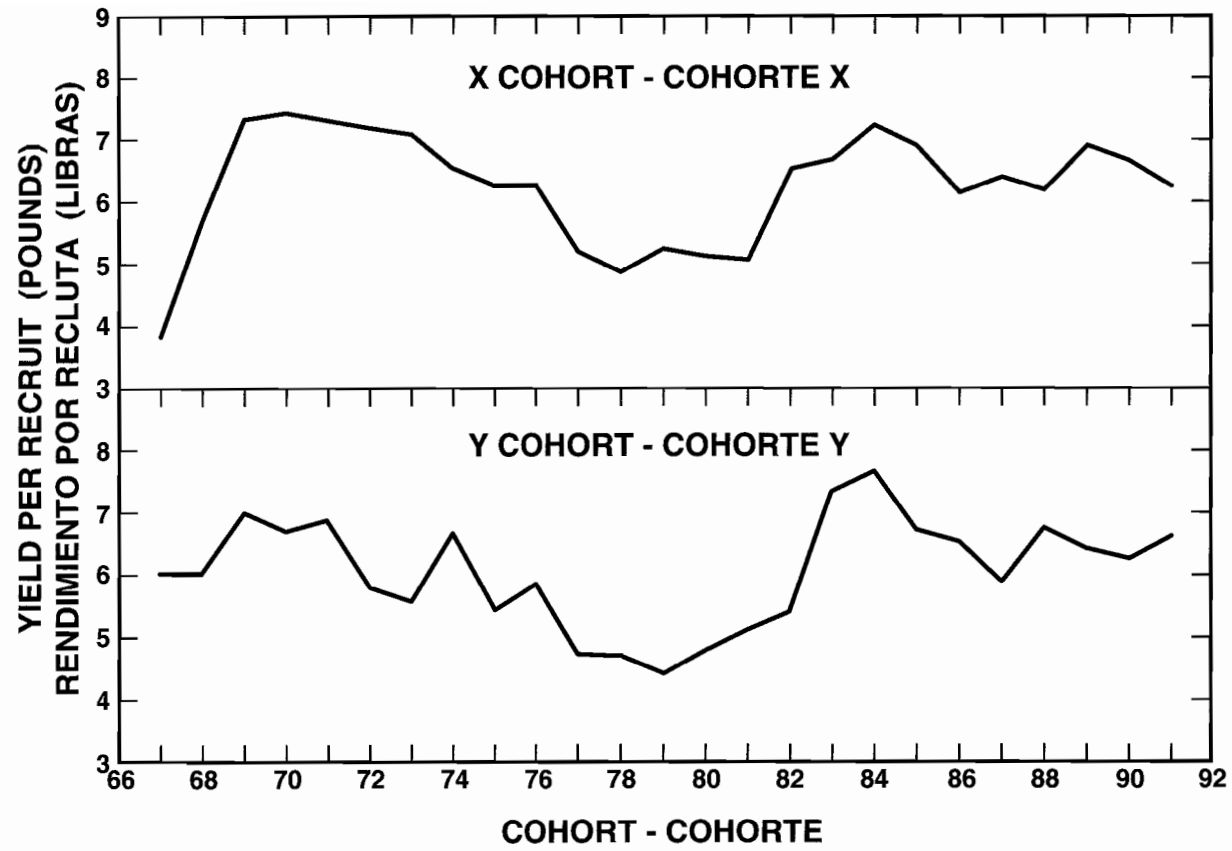
**FIGURE 48.** Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1995 cohorts at ages 0 through 6, by X and Y groups.

**FIGURA 48.** Capturas estimadas de aletas amarillas de 0 a 6 años de edad de las cohortes de 1968 a 1995, por grupos X e Y.



**FIGURE 49.** Estimated catches of yellowfin of ages 0 through 6 during 1968 through 1995, by X and Y groups.

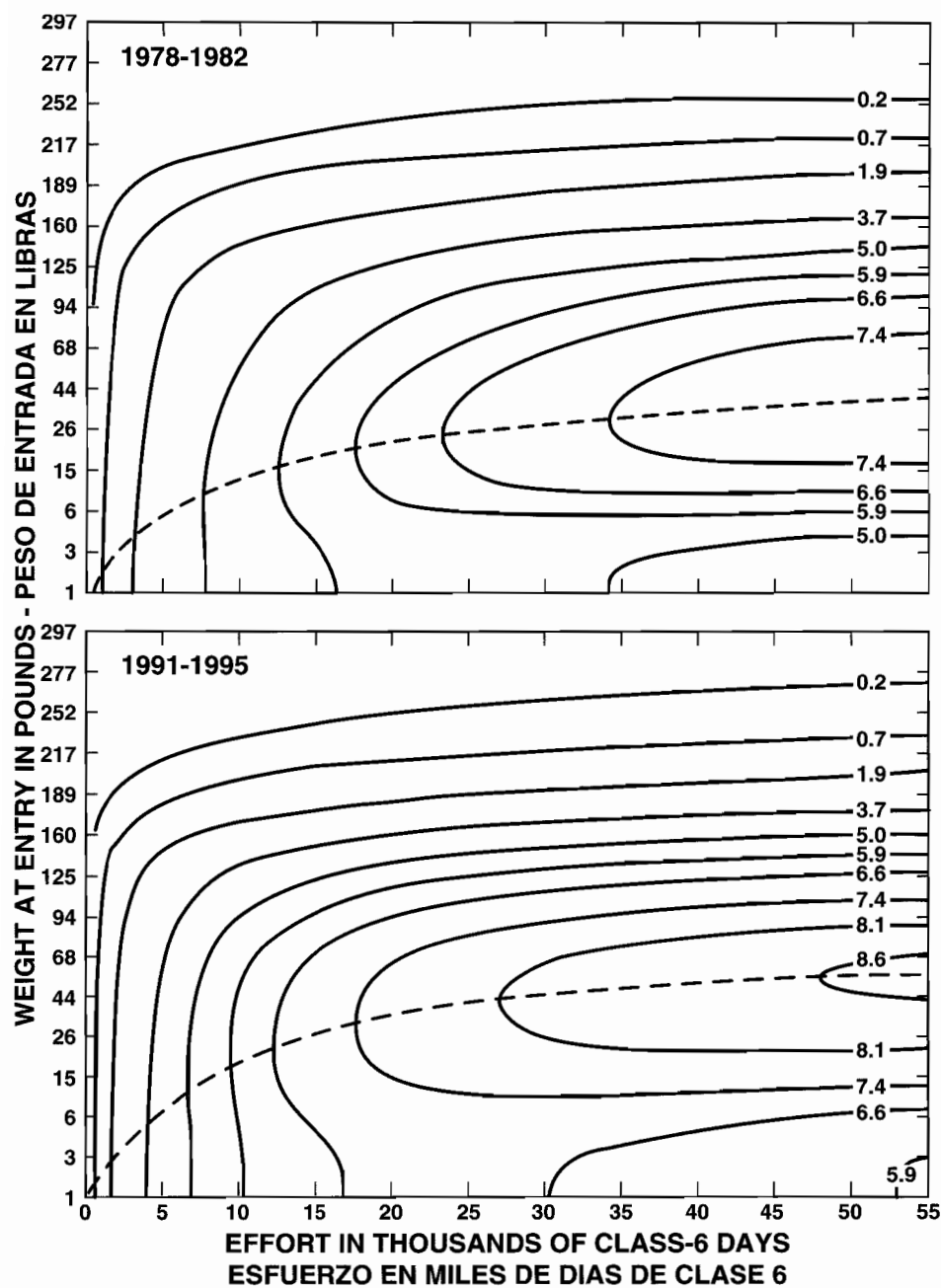
**FIGURA 49.** Capturas estimadas de aletas amarillas de 0 a 6 años de edad entre 1969 y 1995, por grupos X e Y.



**FIGURE 50.** Yields per recruit of yellowfin of the X and Y cohorts.

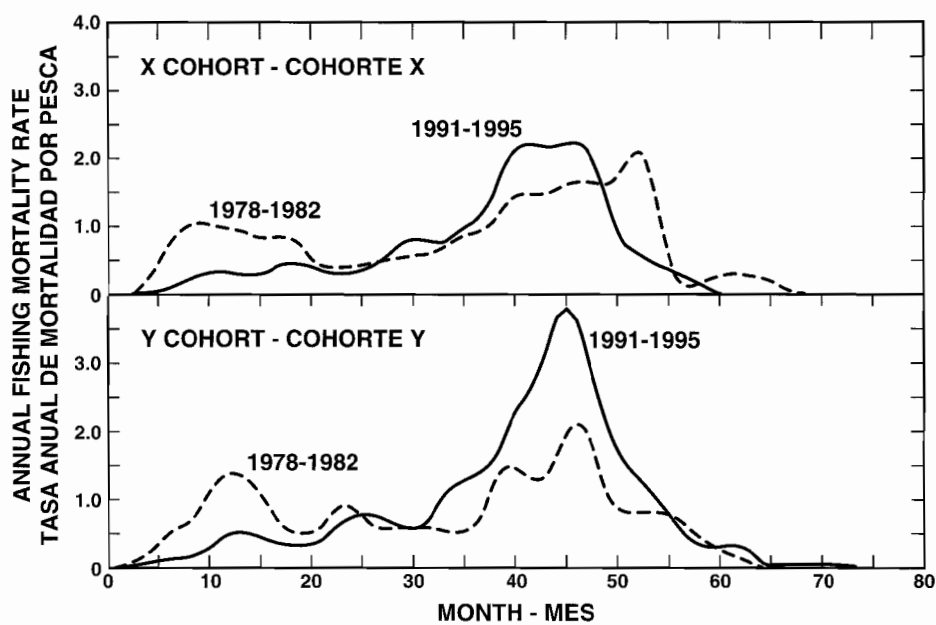
**FIGURA 50.** Rendimientos por recluta de aletas amarillas de las cohortes X e Y.





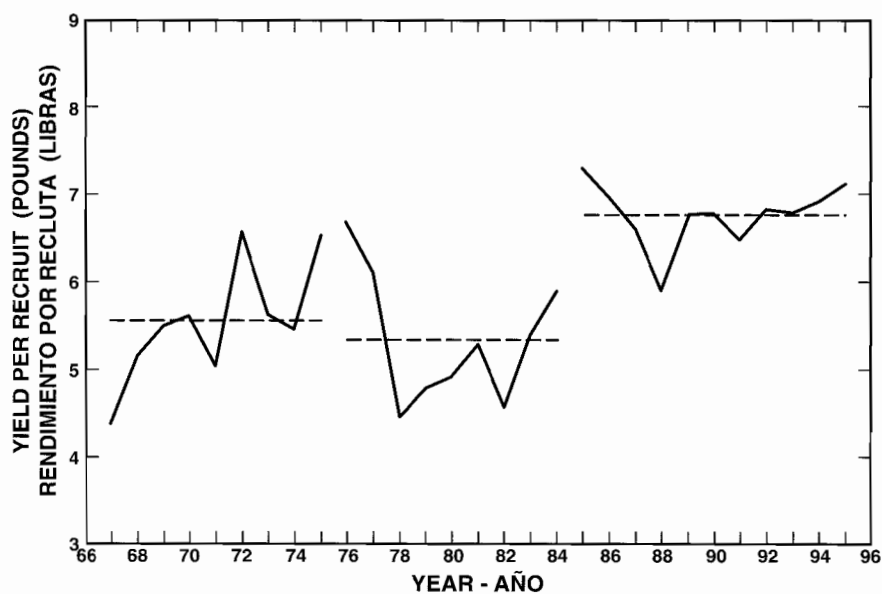
**FIGURE 51.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin for two different patterns of age-specific fishing mortality.

**FIGURA 51.** Relación entre talla de ingreso, esfuerzo de pesca, y rendimiento por recluta del aleta amarilla, correspondiente a dos patrones diferentes de mortalidad por pesca por edad específica.



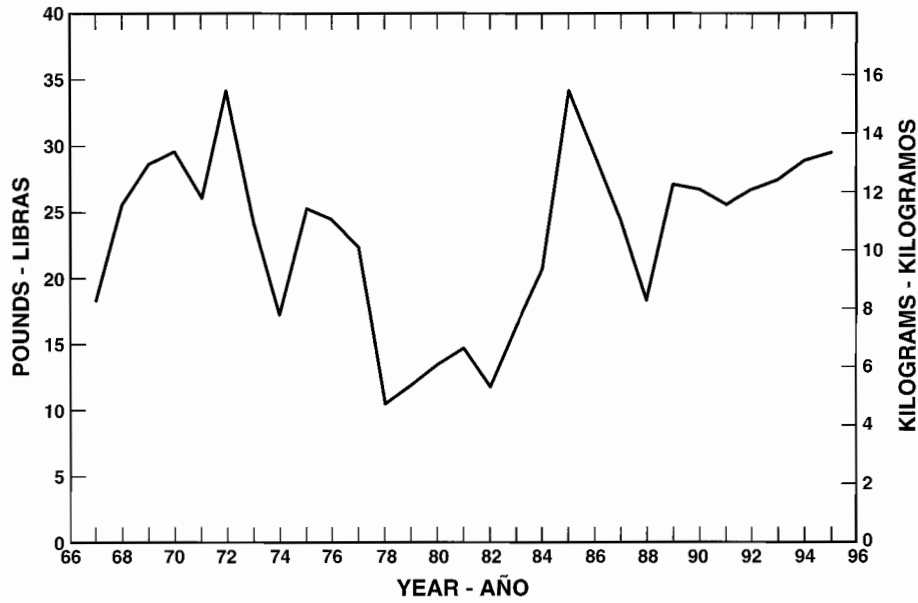
**FIGURE 52.** Smoothed age-specific fishing mortality rates of X- and Y-cohort yellowfin during the 1978-1982 and 1991-1995 periods.

**FIGURA 52.** Tasas suavizadas de mortalidad por pesca por edad específica de aletas amarillas de las cohortes X e Y en los períodos de 1978-1982 y 1991-1995.



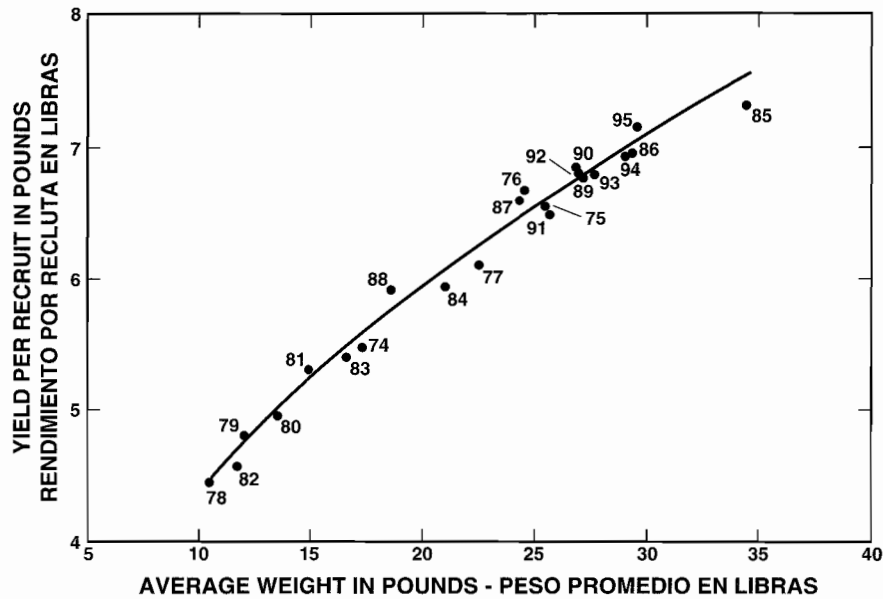
**FIGURE 53.** Yields per recruit of yellowfin during the 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1995 periods.

**FIGURA 53.** Rendimientos por recluta del aleta amarilla durante los períodos de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1995.



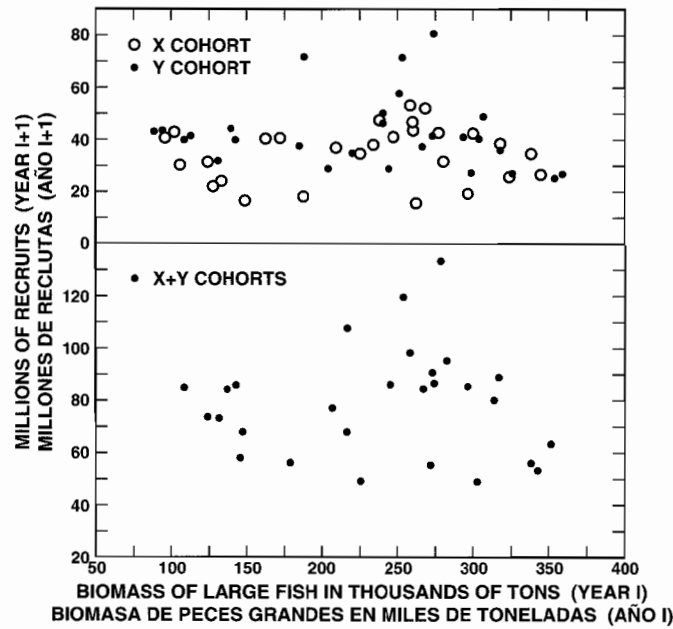
**FIGURE 54.** Average weights of yellowfin caught in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 54.** Peso promedio de aletas amarillas capturados en el Océano Pacífico oriental.



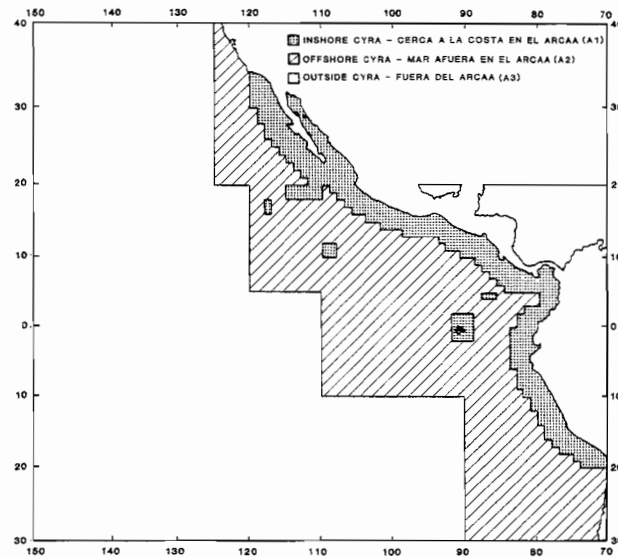
**FIGURE 55.** Relationship between yield per recruit and average weight at capture for yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 55.** Relación entre el rendimiento por recluta y el peso medio de captura de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.



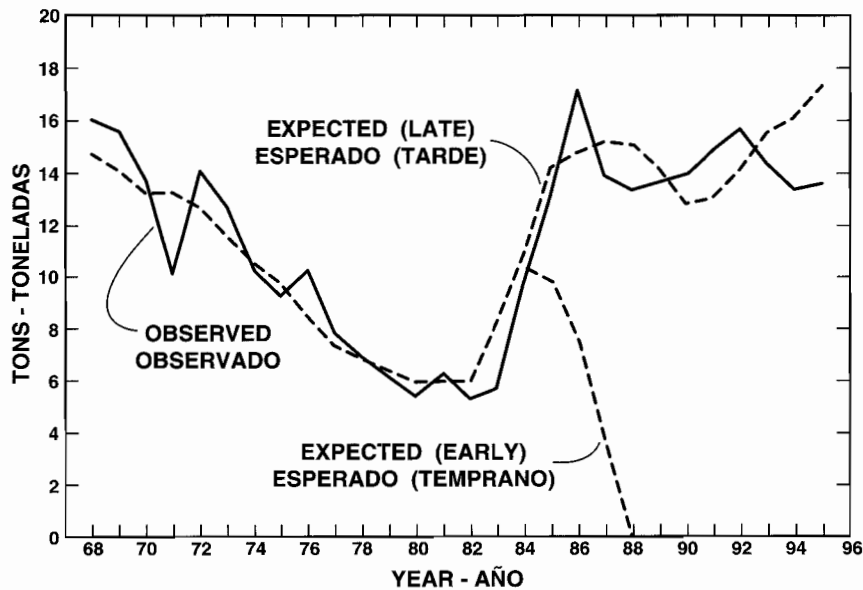
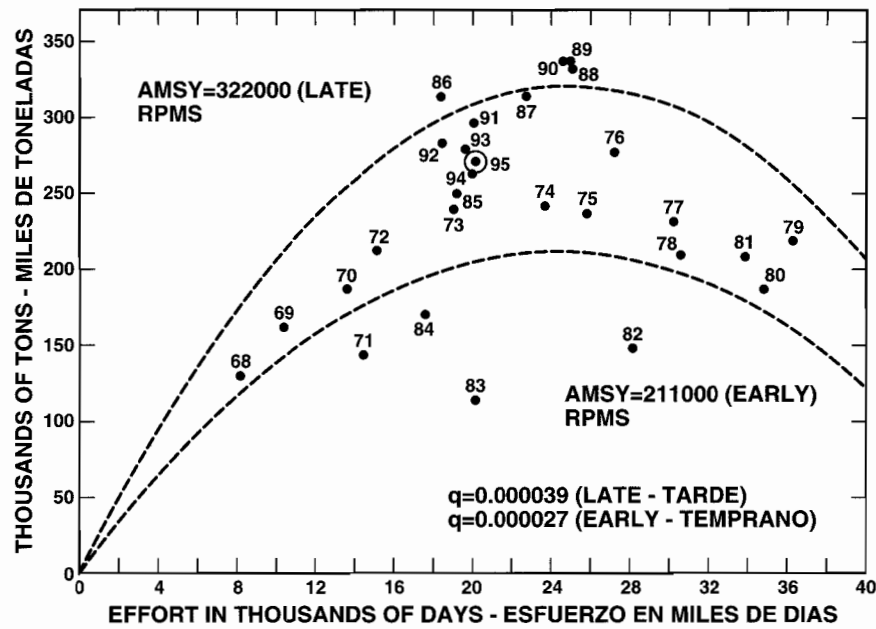
**FIGURE 56.** Relationships between stock and recruitment for yellowfin in the eastern Pacific Ocean for 1967 through 1995.

**FIGURA 56.** Relación entre stock y reclutamiento correspondientes al aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental entre 1967 y 1995.



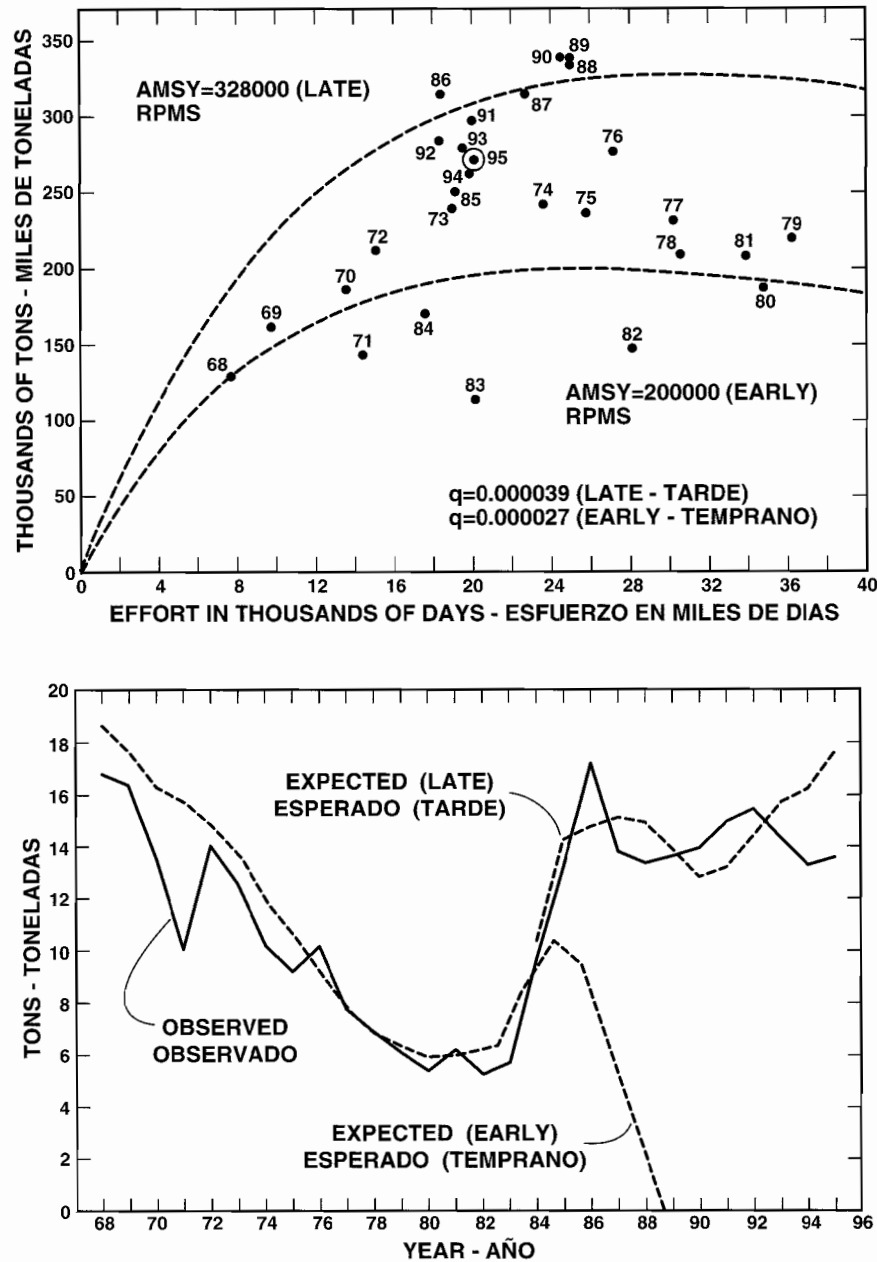
**FIGURE 57.** The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

**FIGURA 57.** El Océano Pacífico oriental. Se indican las zonas históricas de pesca de aleta amarilla (A1), las zonas de pesca más recientes en el ARCAA (A2), y la zona fuera del ARCAA (exterior) (A3).



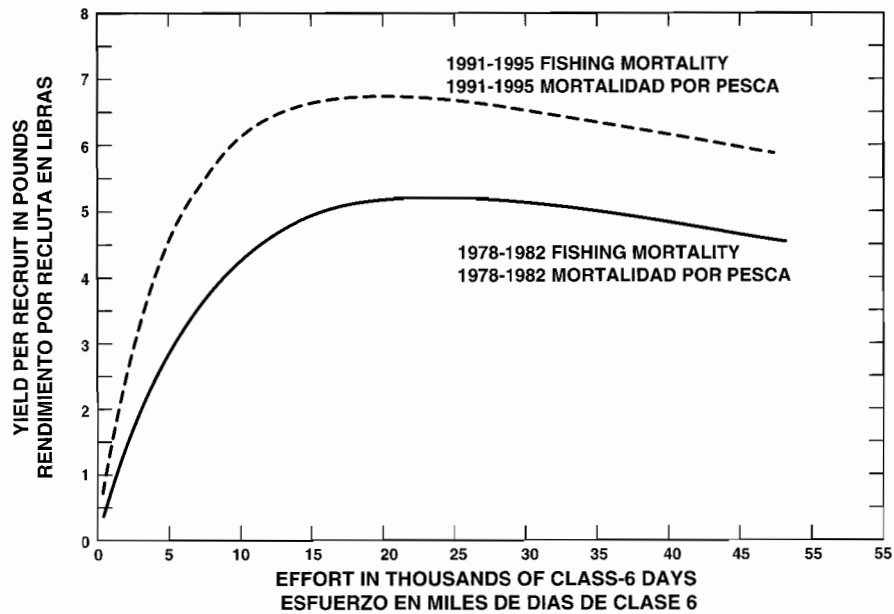
**FIGURE 58.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1995, for the logistic (symmetrical) model with  $m$  set at 2.0 (upper panel), and observed and predicted values of the CPDF (lower panel).

**FIGURA 58.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1995, según el modelo logístico (simétrico) con  $m$  fijado en 2,0 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).



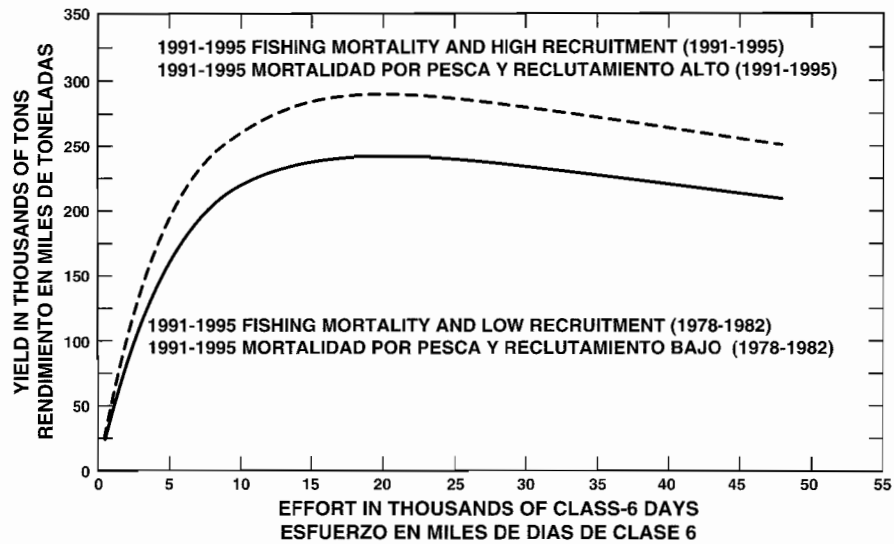
**FIGURE 59.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1995, for the generalized stock production (asymmetrical) model with  $m$  set at 0.8 (upper panel), and observed and predicted values of CPDF (lower panel).

**FIGURA 59.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1995, según el modelo generalizado de producción del stock (asimétrico) con  $m$  fijado en 0,8 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).



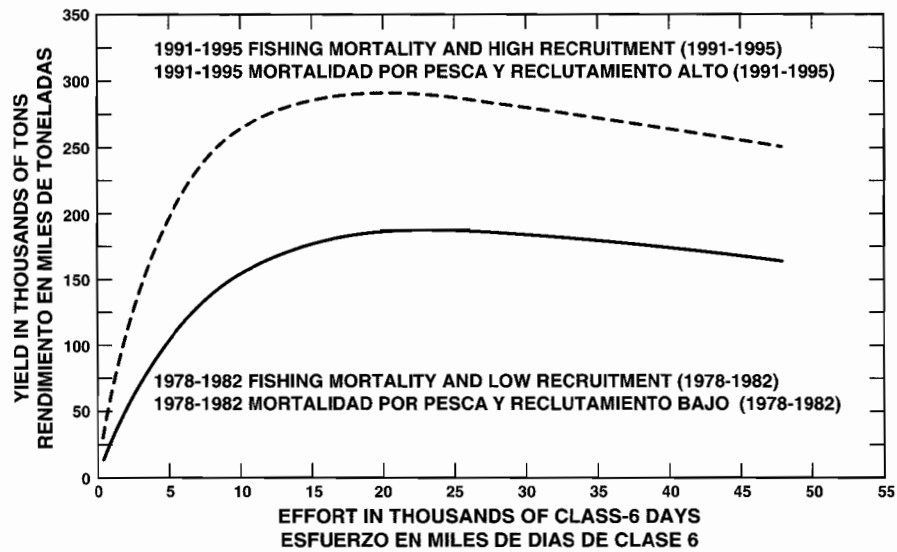
**FIGURE 60.** Yields per recruit for age-specific mortality rates of 1978-1982 and 1991-1995.

**FIGURA 60.** Rendimientos por recluta correspondientes a las tasas de mortalidad por edad específica de 1978-1982 y 1991-1995.



**FIGURE 61.** Yields for high and low recruitments and age-specific fishing mortality similar to that of 1991-1995.

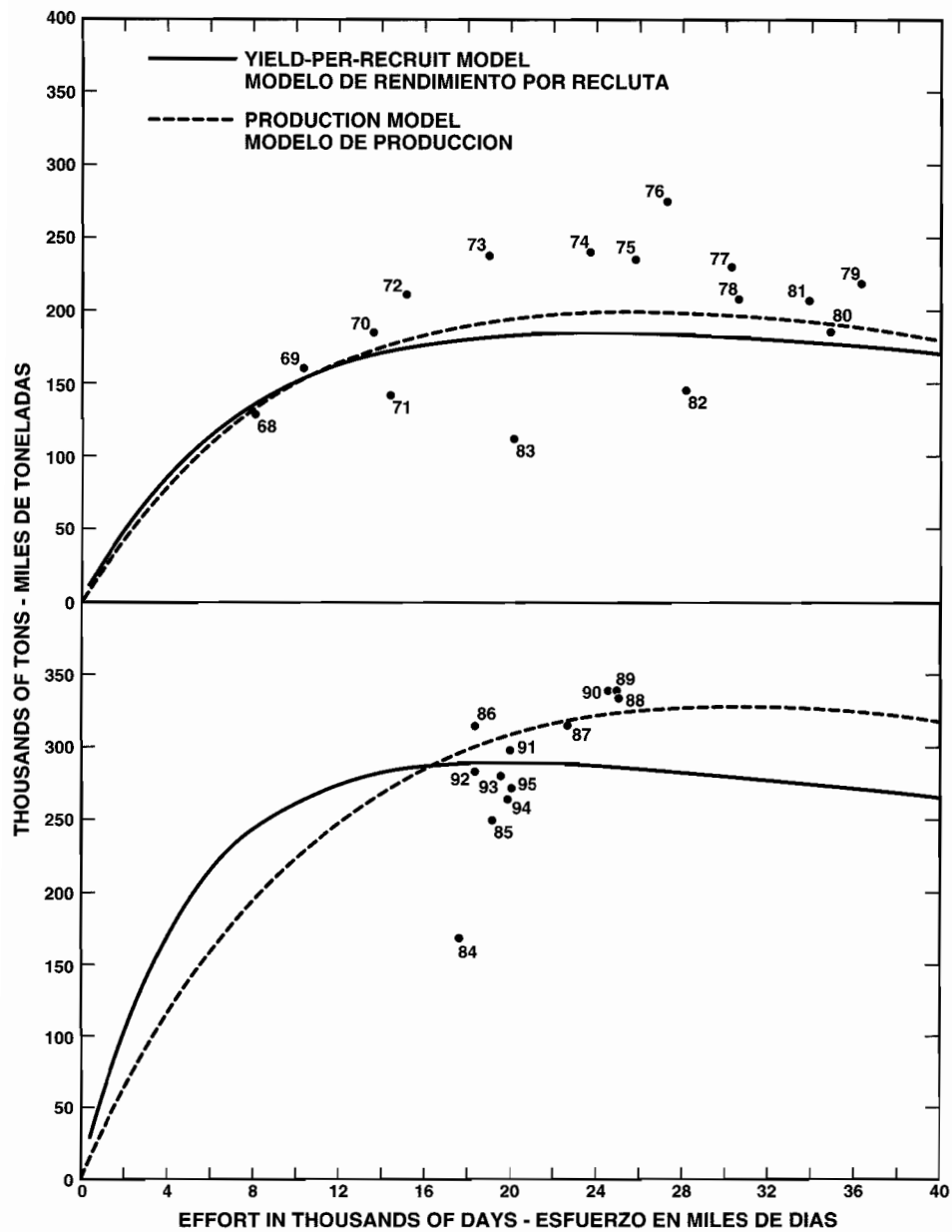
**FIGURA 61.** Rendimientos correspondientes a reclutamientos elevados y bajos, y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella del período 1991-1995.



**FIGURE 62.** Yields for low recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 and for high recruitment and age-specific mortality similar to that of 1991-1995.

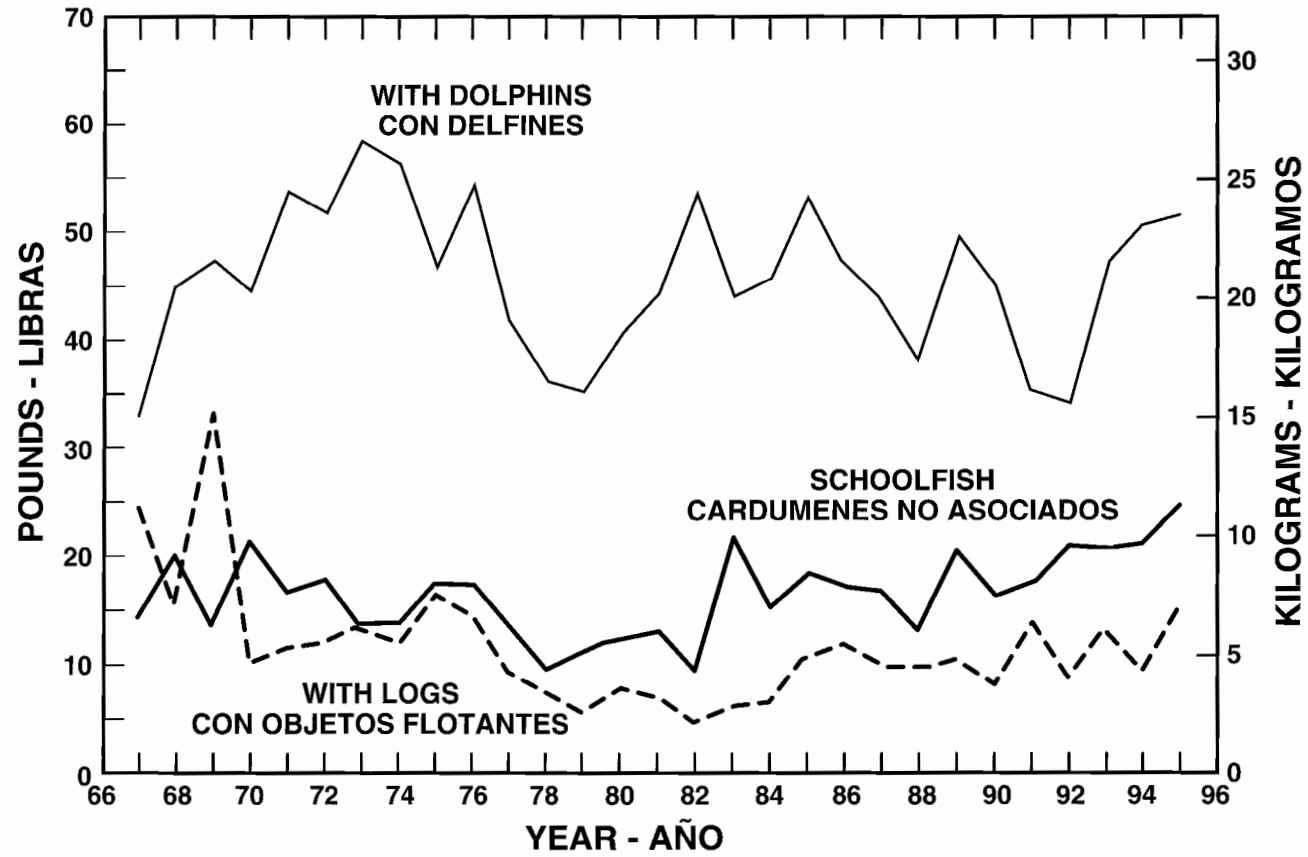
**FIGURA 62.** Rendimientos correspondientes al reclutamiento normal y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella de 1978-1982, y al reclutamiento elevado y mortalidad por edad específica similar a aquella de 1989-1992.





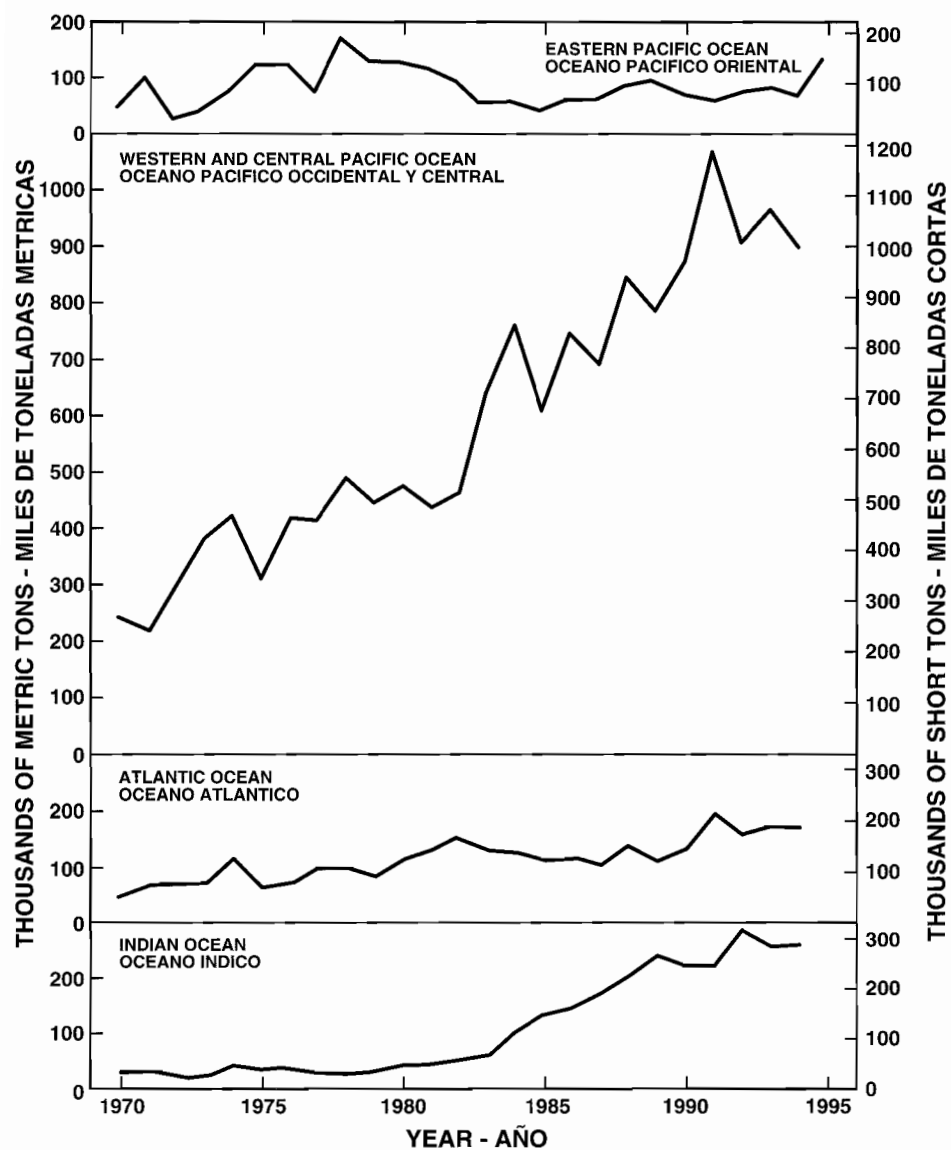
**FIGURE 63.** Yields corresponding to conditions during the 1968-1983 (upper panel) and 1984-1995 (lower panel) periods estimated from YPR and production models.

**FIGURA 63.** Rendimientos correspondientes a condiciones en los períodos de 1968-1983 (recuadro superior) y 1984-1995 (recuadro inferior) estimados con los modelos de RPR y producción.



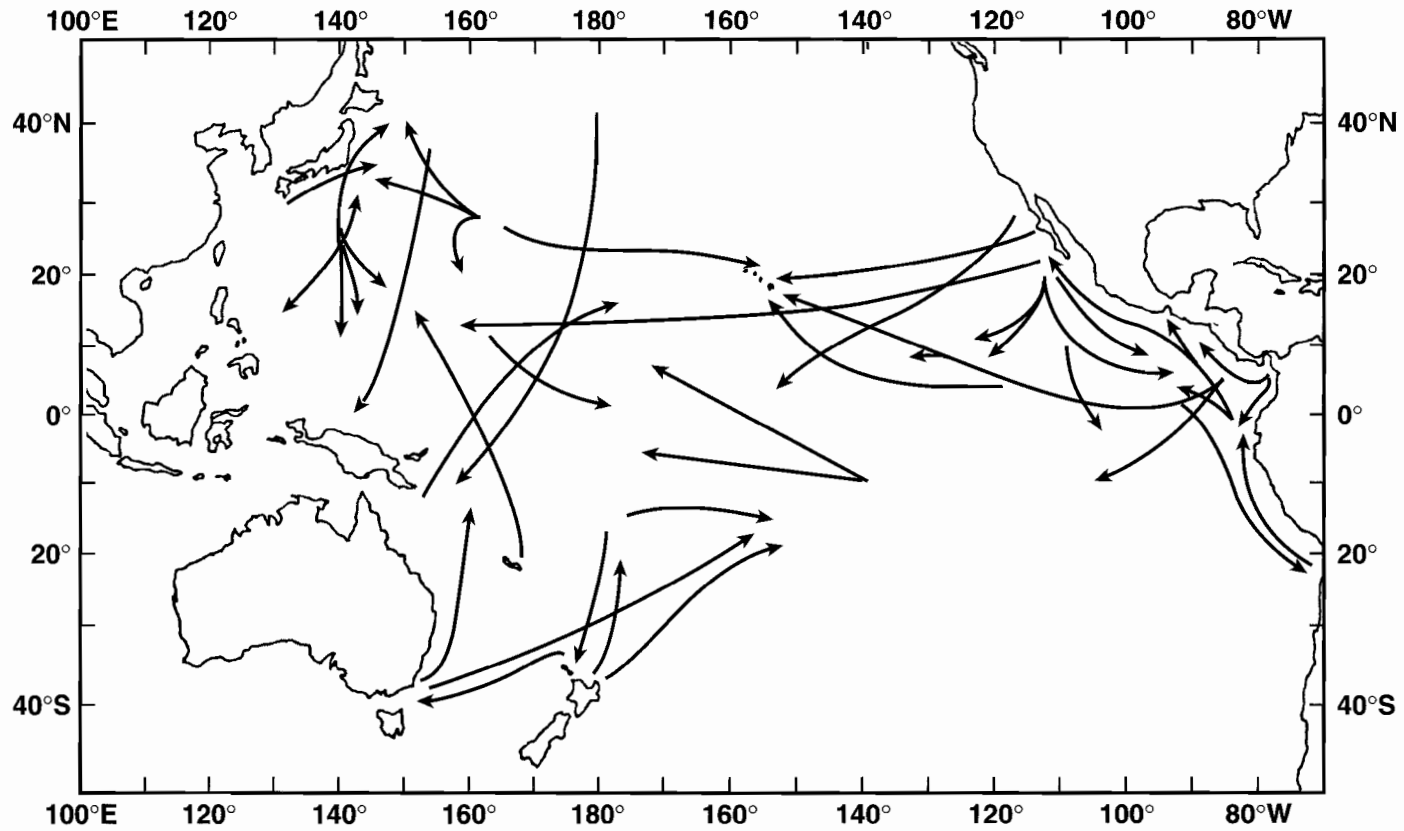
**FIGURE 64.** Average weights of dolphin-associated fish, log-associated fish, and “schoolfish” (fish associated only with other fish).

**FIGURA 64.** Peso promedio de peces asociados con delfines, con objetos flotantes, y no asociados (asociados solamente con otros peces).



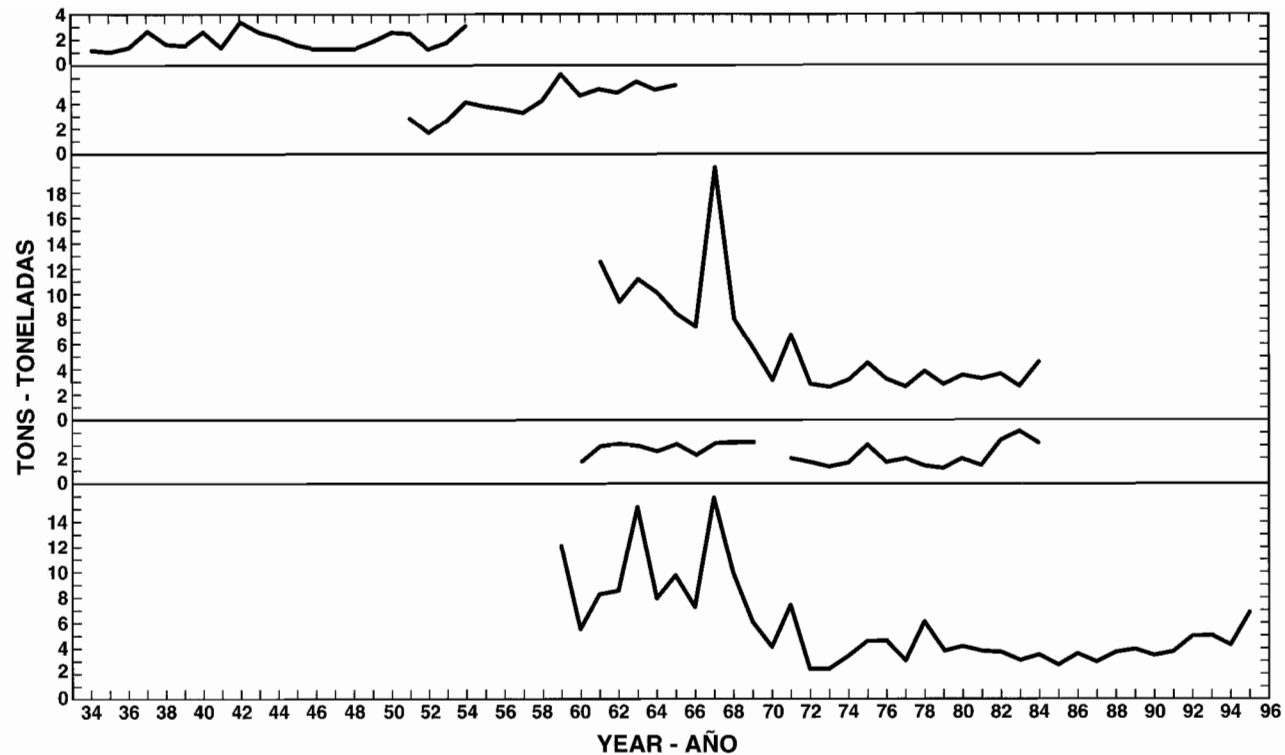
**FIGURE 65.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, Atlantic Ocean, and Indian Ocean.

**FIGURA 65.** Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, Pacífico central y occidental, y Océanos Atlántico e Índico.



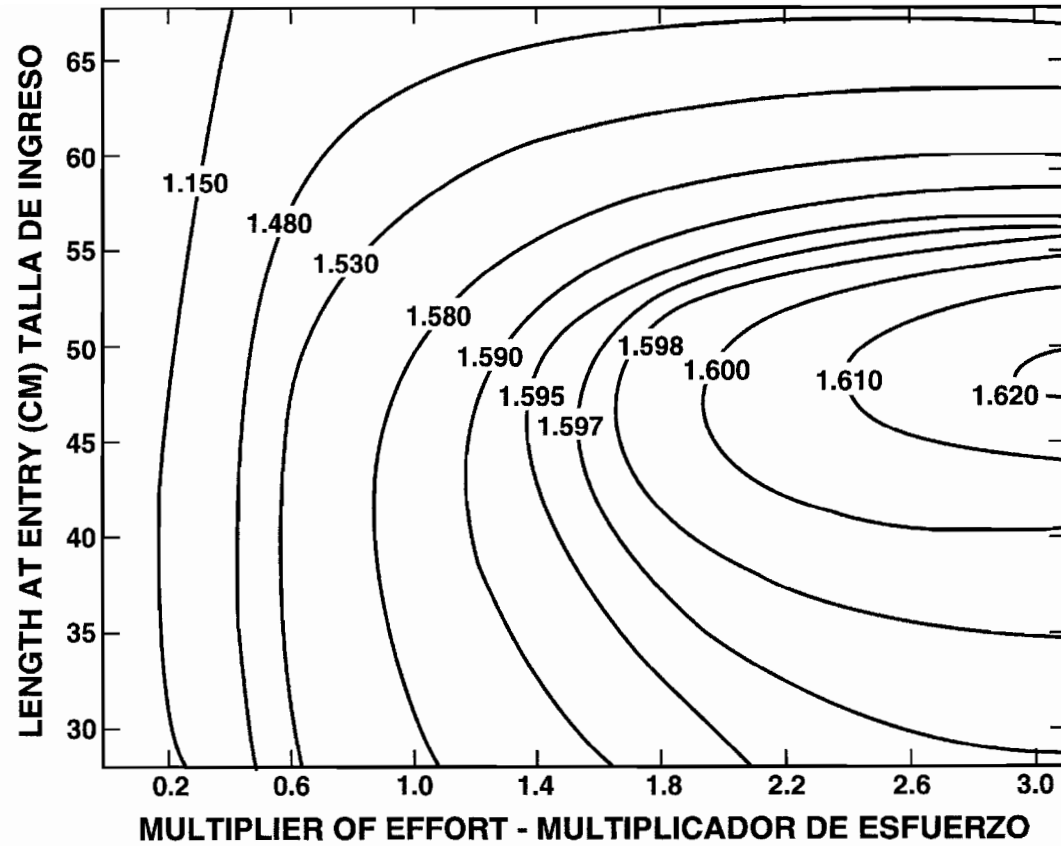
**FIGURE 66.** Some long-distance movements which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

**FIGURA 66.** Algunas migraciones a larga distancia registradas para barriletes marcados en el Océano Pacífico.



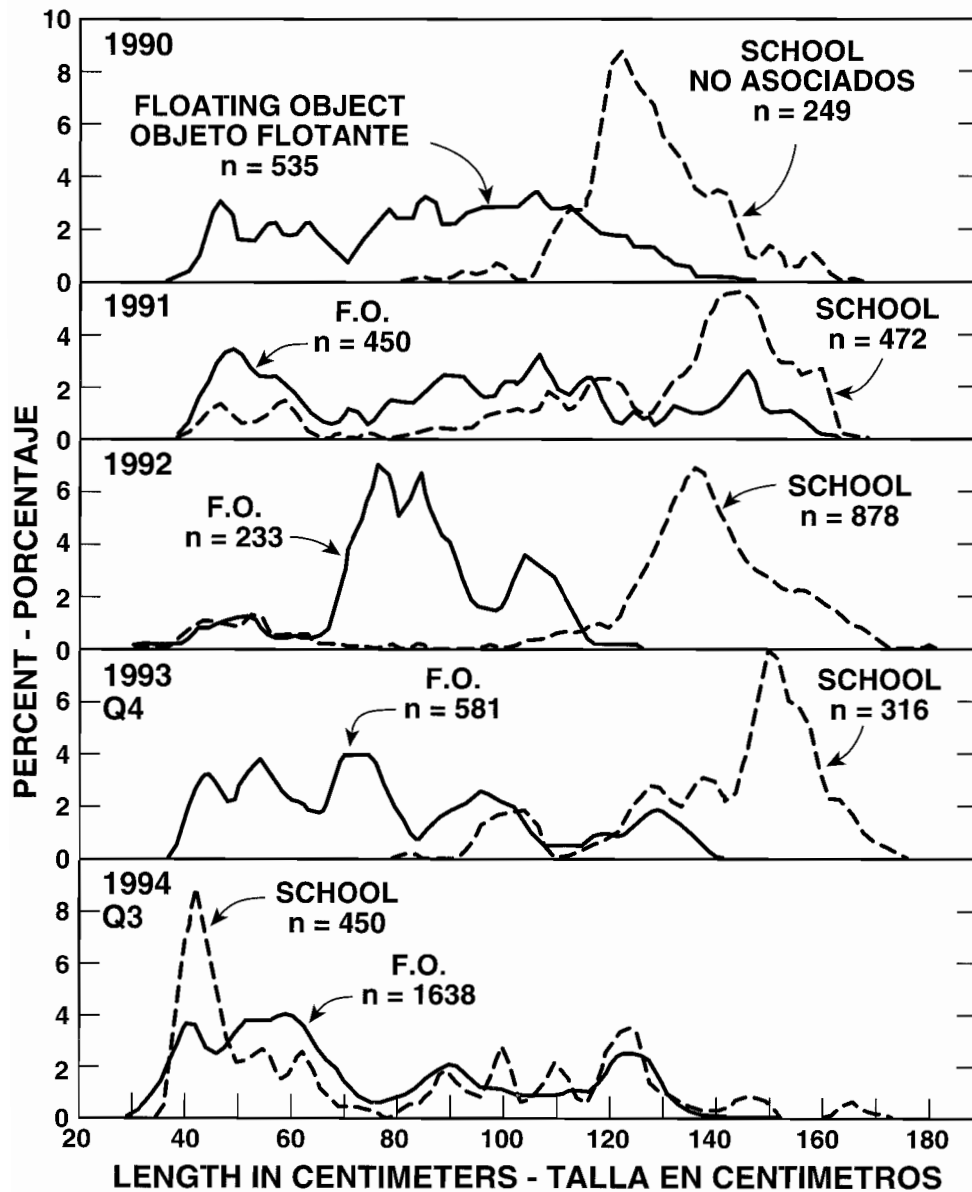
**FIGURE 67.** Indices of abundance of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The sources of the data are as follows: top panel, IATTC Bulletin, Vol. 1, No. 7, Table 20; second panel, IATTC Bulletin, Vol. 13, No. 1, Table 7; third panel, IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, Table 10; fourth panel, IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, Table 20; fifth panel, unpublished (equivalent to IATTC Annual Report for 1994, Figure 10, bottom panel).

**FIGURA 67.** Índices de abundancia del barrilete en el Océano Pacífico oriental. Las fuentes de los datos son las siguientes: recuadro superior, Boletín de la CIAT, Vol. 1, N° 7, Tabla 20; segundo recuadro, Boletín de la CIAT, Vol. 13, N° 1, Tabla 7; tercer recuadro, Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, Tabla 10; cuarto recuadro, Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, Tabla 20; quinto recuadro, inédito (equivalente al Informe Anual de la CIAT de 1994, Figura 10, recuadro inferior).



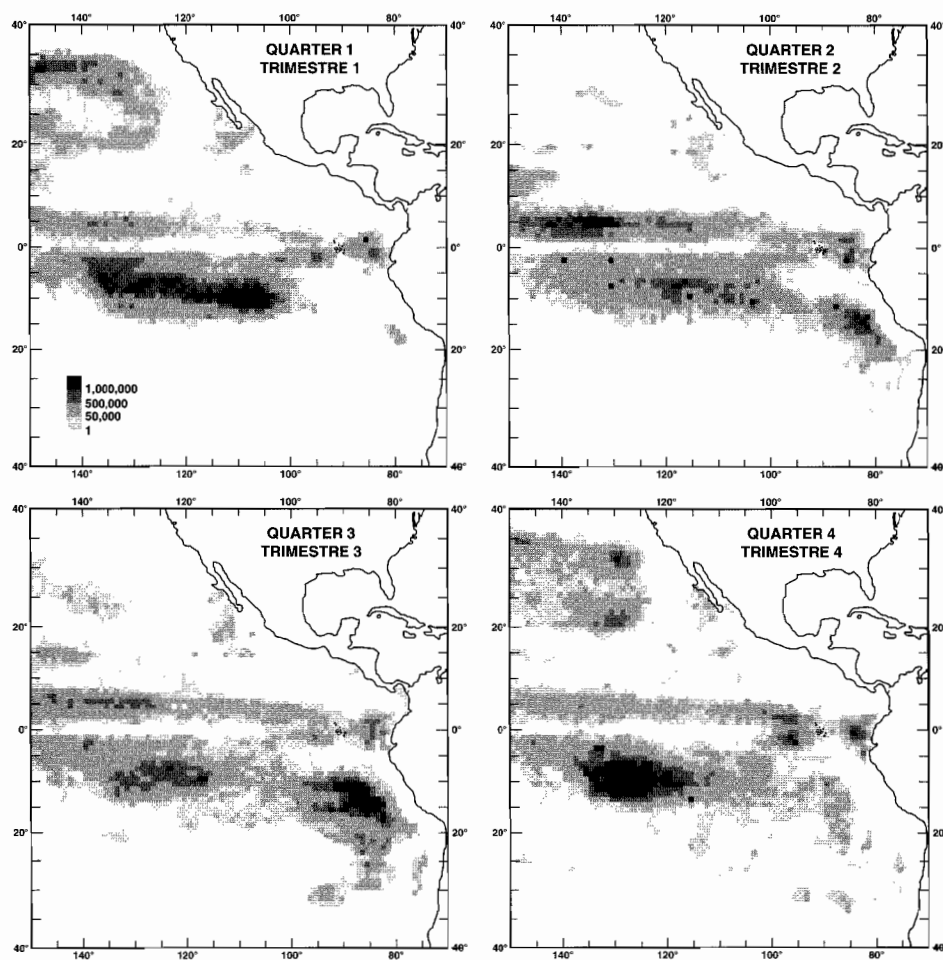
**FIGURE 68.** Yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition, fishing effort, and length at entry into the fishery.

**FIGURA 68.** Rendimientos por recluta del barrilete con varias combinaciones de agotamiento natural, esfuerzo de pesca, y talla de ingreso a la pesquería.



**FIGURE 69.** Smoothed length-frequency distributions, in percentages of numbers of fish, for bigeye tuna caught in sets made on schools of fish associated with floating objects and sets made on free-swimming schools of fish.

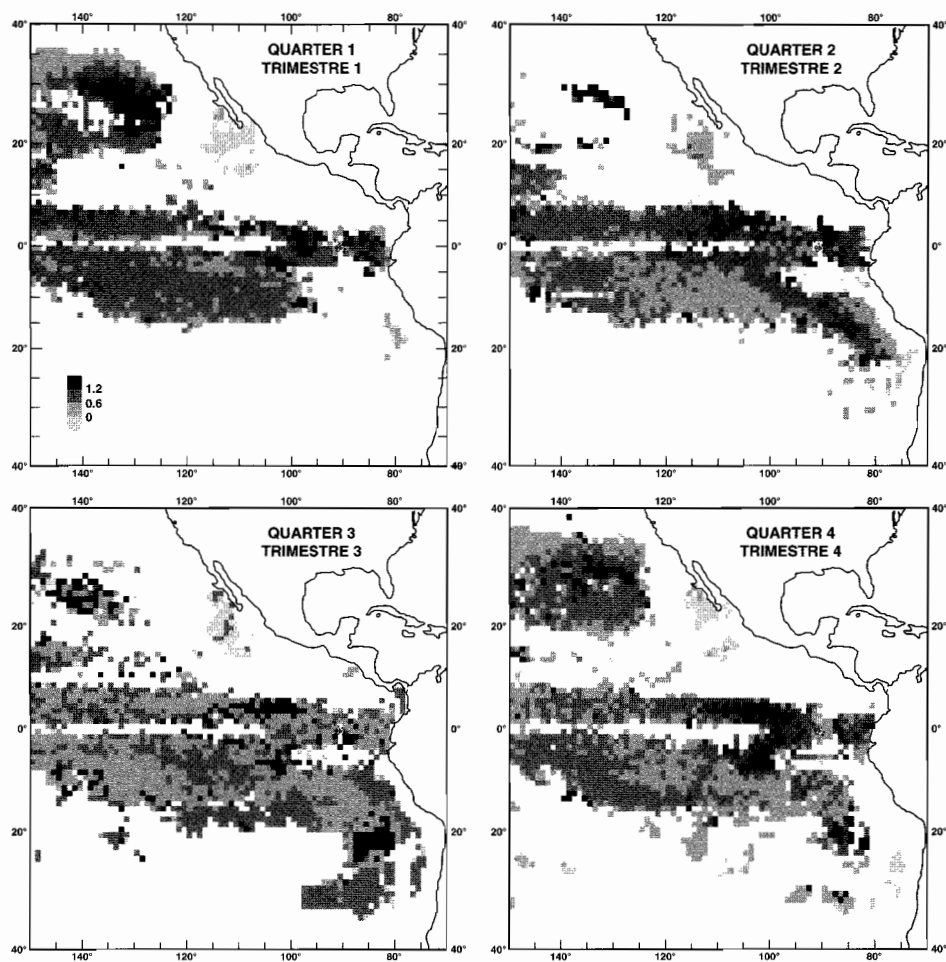
**FIGURA 69.** Distribuciones suavizadas de frecuencias de talla, en porcentajes de número de peces, de patudos capturados en lances sobre objetos flotantes y sobre cardúmenes no asociados.



**FIGURE 70.** Quarterly distributions of effort, in numbers of hooks, by Japanese longline vessels in the EPO during 1988-1992.

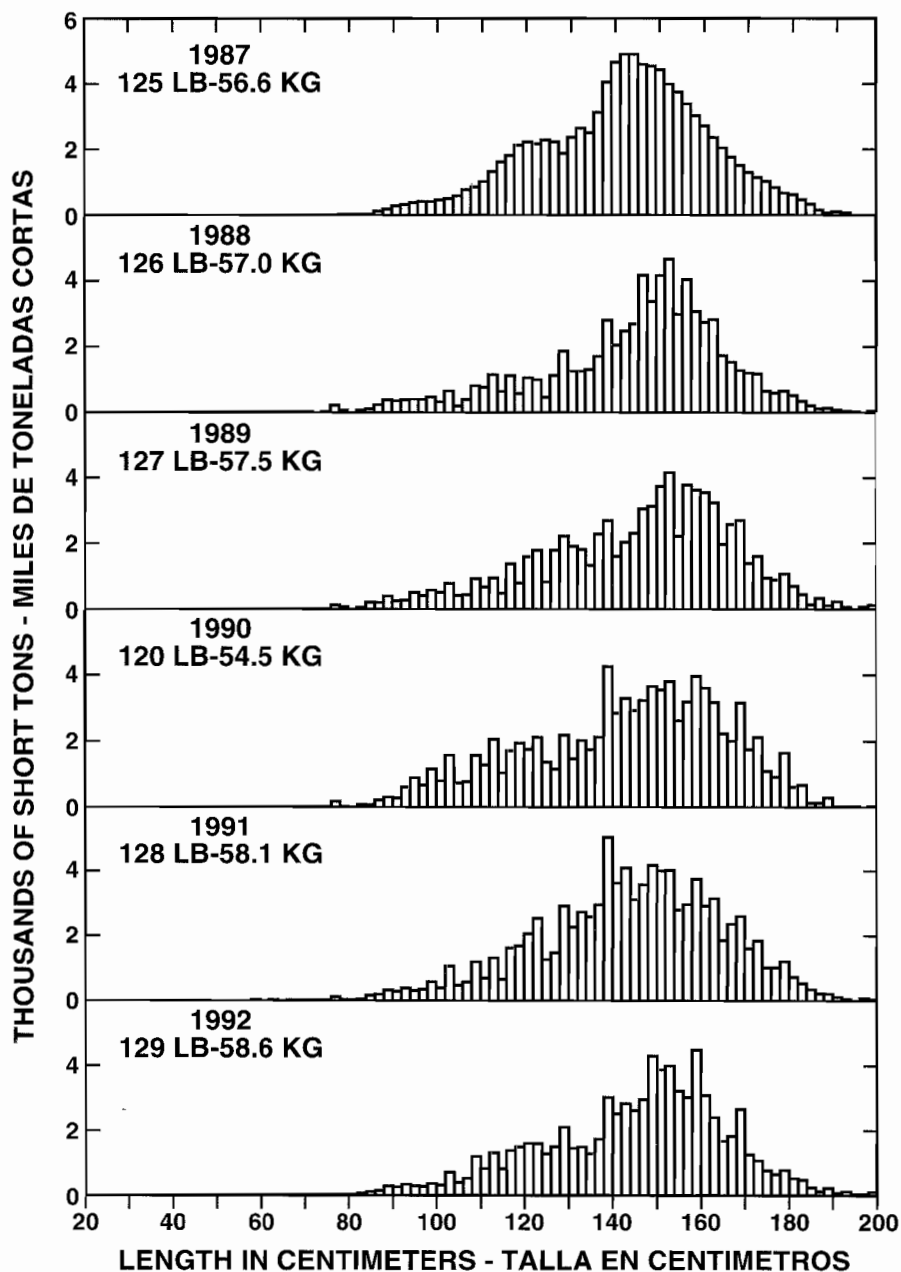
**FIGURA 70.** Distribuciones trimestrales del esfuerzo, en número de anzuelos, de barcos palangreros japoneses en el OPO en 1988-1992.





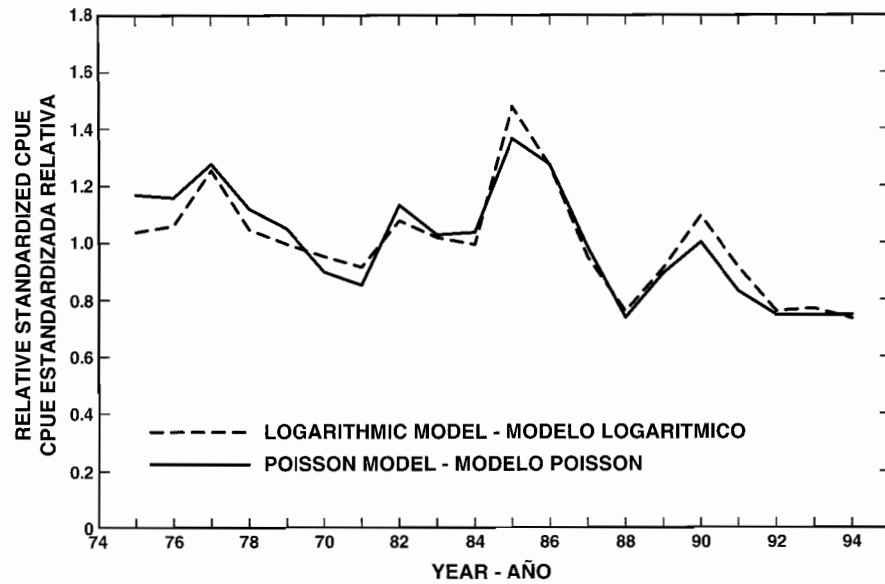
**FIGURE 71.** Quarterly distributions of average CPUEs of bigeye tuna, in numbers of fish per thousand hooks, by Japanese longline vessels in the EPO during 1988-1992.

**FIGURA 71.** Distribuciones trimestrales de las CPUE promedio de atún patudo, en número de pescados por mil anzuelos, de barcos palangreros japoneses en el OPO en 1988-1992.



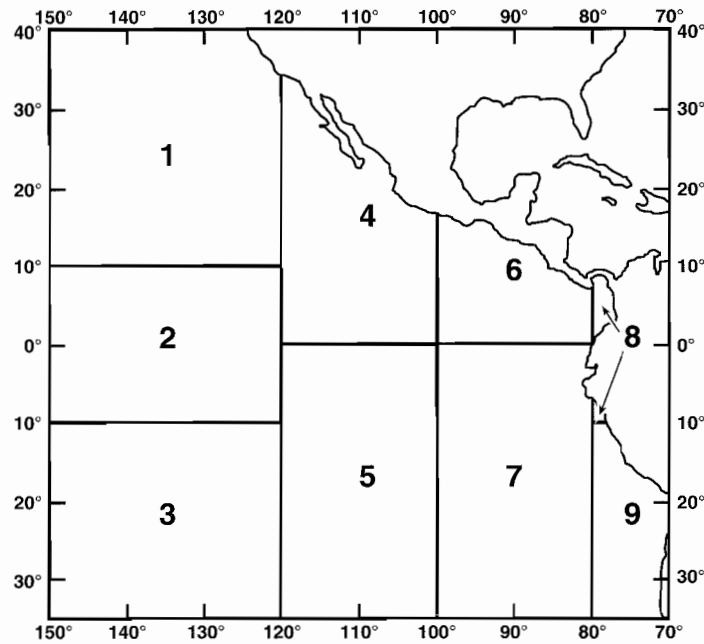
**FIGURE 72.** Length-frequency distributions of bigeye tuna caught by Japanese longline vessels in the EPO. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

**FIGURA 72.** Distribuciones de la frecuencia de talla de atún patudo capturado por barcos palangreros japoneses en el OPO. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro es el peso promedio.



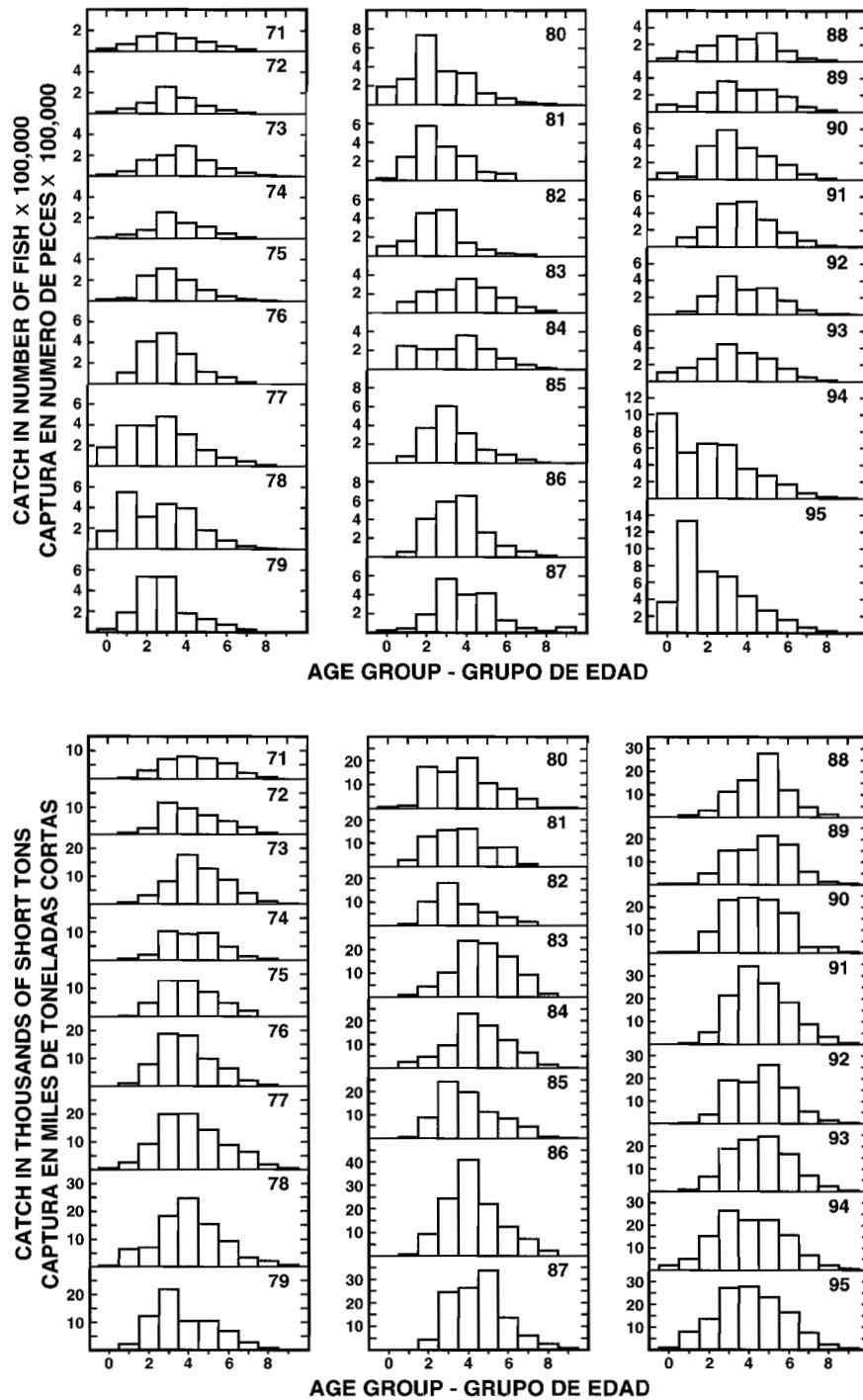
**FIGURE 73.** Estimates of standardized CPUEs of bigeye in the EPO.

**FIGURA 73.** Estimaciones de las CPUE estandarizadas de patudo en el OPO.



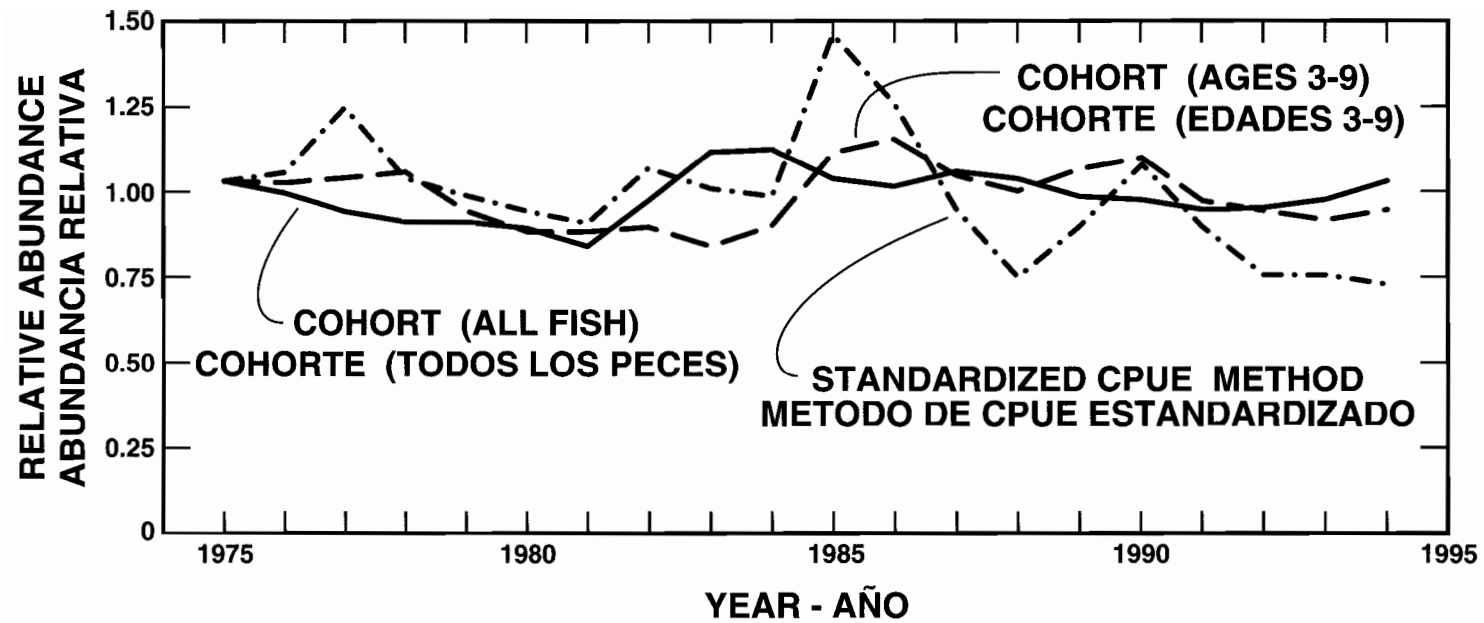
**FIGURE 74.** Areas used for stratification of catches and length frequencies of longline-caught bigeye tuna in the EPO.

**FIGURA 74.** Areas usadas para la estratificación de las capturas y frecuencias de tallas de atunes patudo capturados con palangre en el OPO.



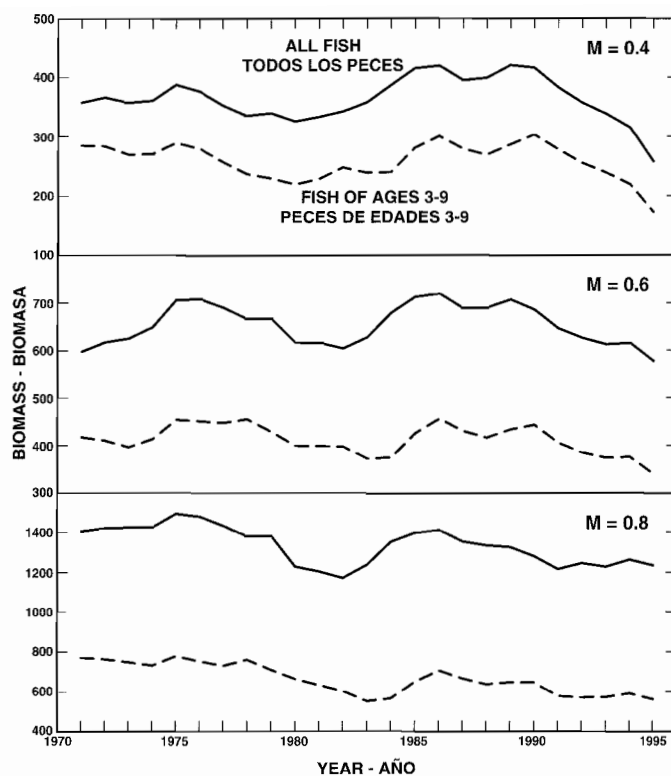
**FIGURE 75.** Estimated catches of bigeye tuna of ages 0 through 9 in the EPO.

**FIGURA 75.** Capturas estimadas de atunes patudo de 0 a 9 años de edad en el OPO.



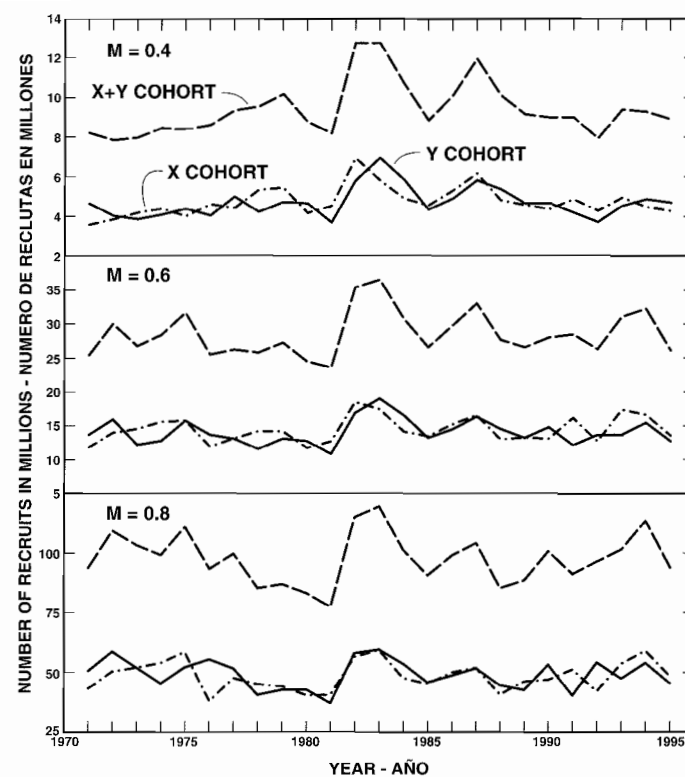
**FIGURE 76.** Comparison of two estimates of the relative abundance of bigeye tuna in the EPO, in numbers of fish, obtained by cohort analyses with  $M = 0.6$ , to data for standardized CPUEs. All three indices were adjusted to averages of 1.0.

**FIGURA 76.** Comparación de dos estimaciones de la abundancia relativa del atún patudo en el OPO, en número de peces, obtenido con análisis de cohortes con  $M = 0,6$ , con datos de CPUE estandarizadas. Se ajustaron los tres índices a un promedio de 1,0.



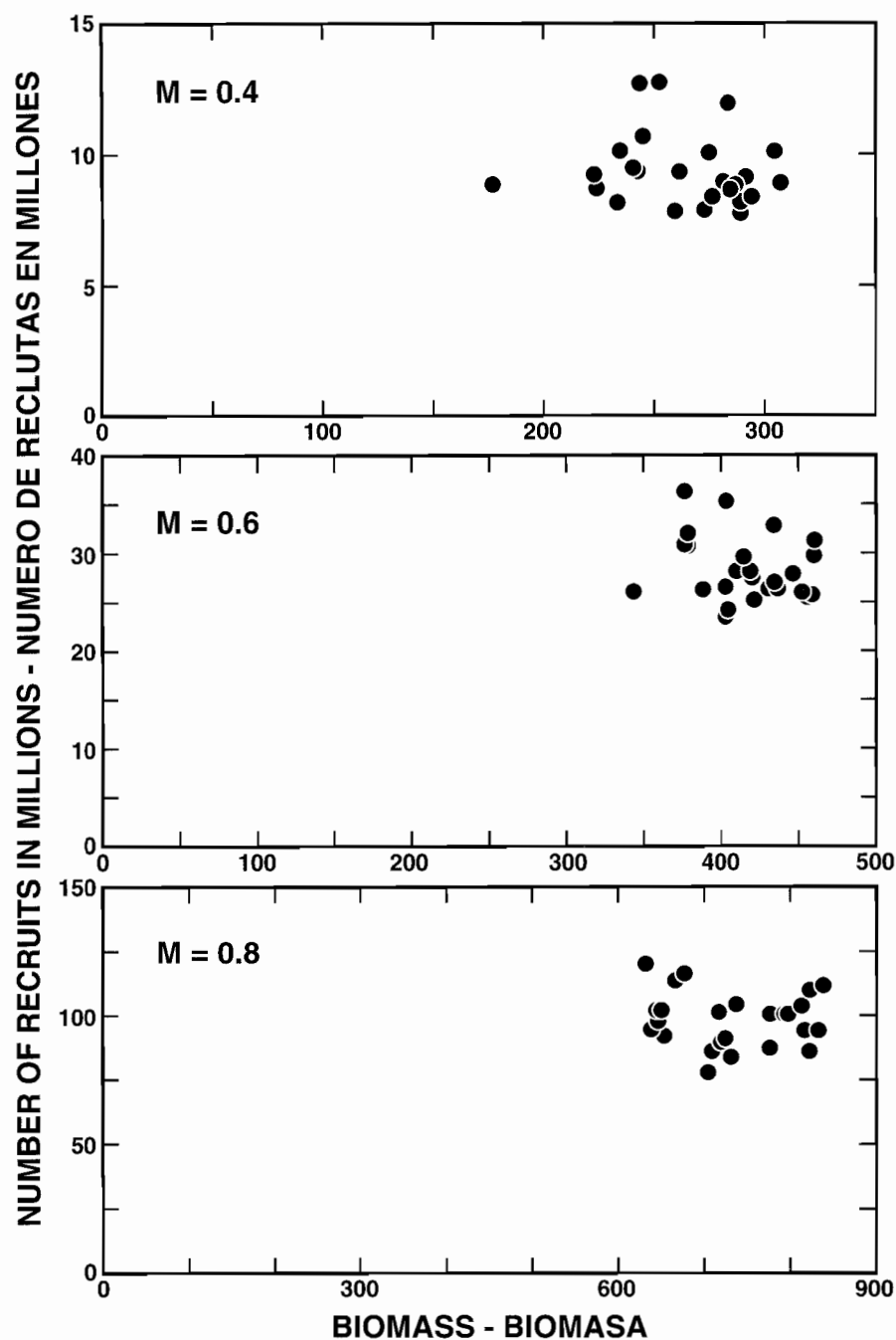
**FIGURE 77.** Estimates, obtained from cohort analyses, of the average biomasses of bigeye tuna, in thousands of short tons, in the EPO.

**FIGURA 77.** Estimaciones, obtenidas de análisis de cohortes, de la biomasa promedio del atún patudo, en miles de toneladas cortas, en el OPO.



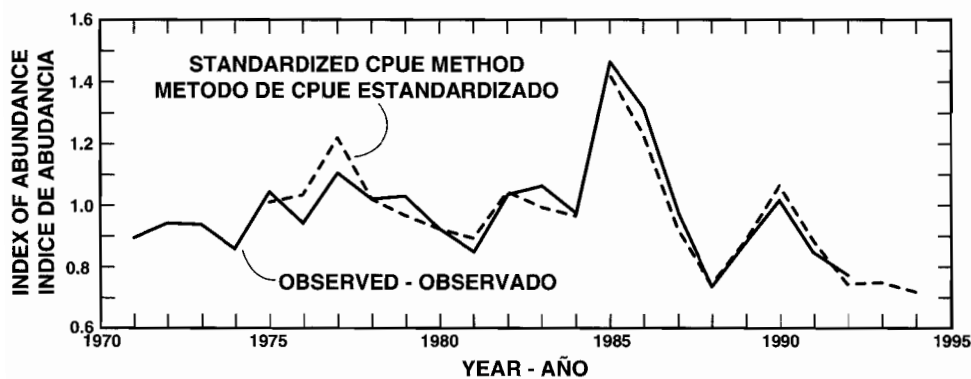
**FIGURE 78.** Estimates, obtained from cohort analyses, of recruitment of bigeye tuna in the EPO.

**FIGURA 78.** Estimaciones, obtenidas de análisis de cohortes, del reclutamiento de atún patudo en el OPO.



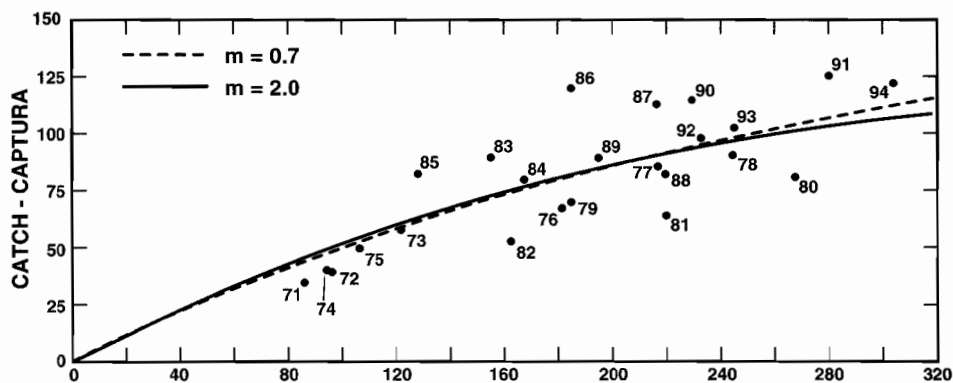
**FIGURE 79.** Relationships between estimates of recruitment and biomass of bigeye tuna of ages 3-9, in thousands of short tons, in the EPO, obtained from cohort analyses, 1971-1995.

**FIGURA 79.** Relaciones entre las estimaciones de reclutamiento y biomasa de atunes patudo de entre 3 y 9 años de edad, en miles de toneladas cortas, en el OPO, obtenidas de análisis de cohortes, 1971-1995.



**FIGURE 80.** Indices of abundance of bigeye tuna in the EPO derived from catches per hook and from a generalized linear model. Both sets of values are adjusted to a mean of 1.0.

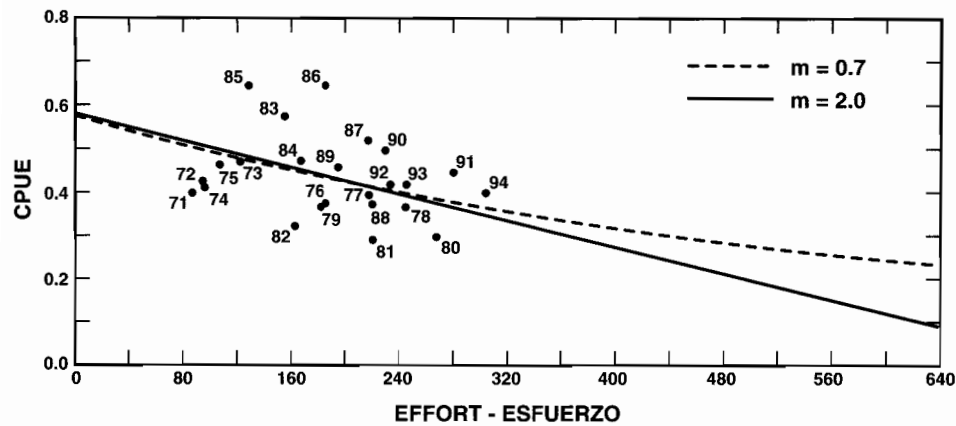
**FIGURA 80.** Índices de la abundancia del atún patudo en el OPO derivadas de capturas por anzuelo y de un modelo lineal generalizado. Ambos conjuntos de valores están ajustados a un promedio de 1,0.



**FIGURE 81.** Estimates, from production modelling, of the relationships between the total catch of bigeye tuna, in thousands of short tons, and the total effort, standardized to longline effort in millions of hooks, for two values of  $m$ . The dots indicate observed values, and the curves indicate expected catches under equilibrium conditions.

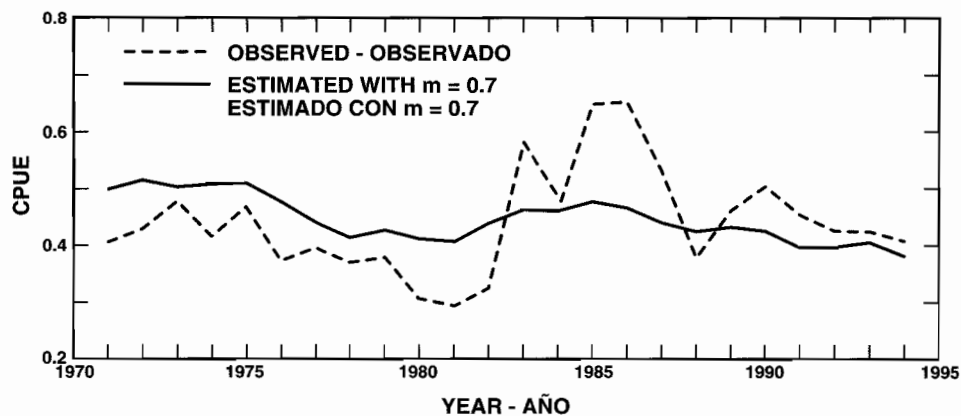
**FIGURA 81.** Estimaciones, del modelado de producción, de las relaciones entre la captura total de atún patudo, en miles de toneladas cortas, y el esfuerzo total, estandarizado al esfuerzo palangrero en millones de anzuelos, correspondientes a dos valores de  $m$ . Los puntos indican valores observados, y las curvas las capturas esperadas bajo condiciones de equilibrio.





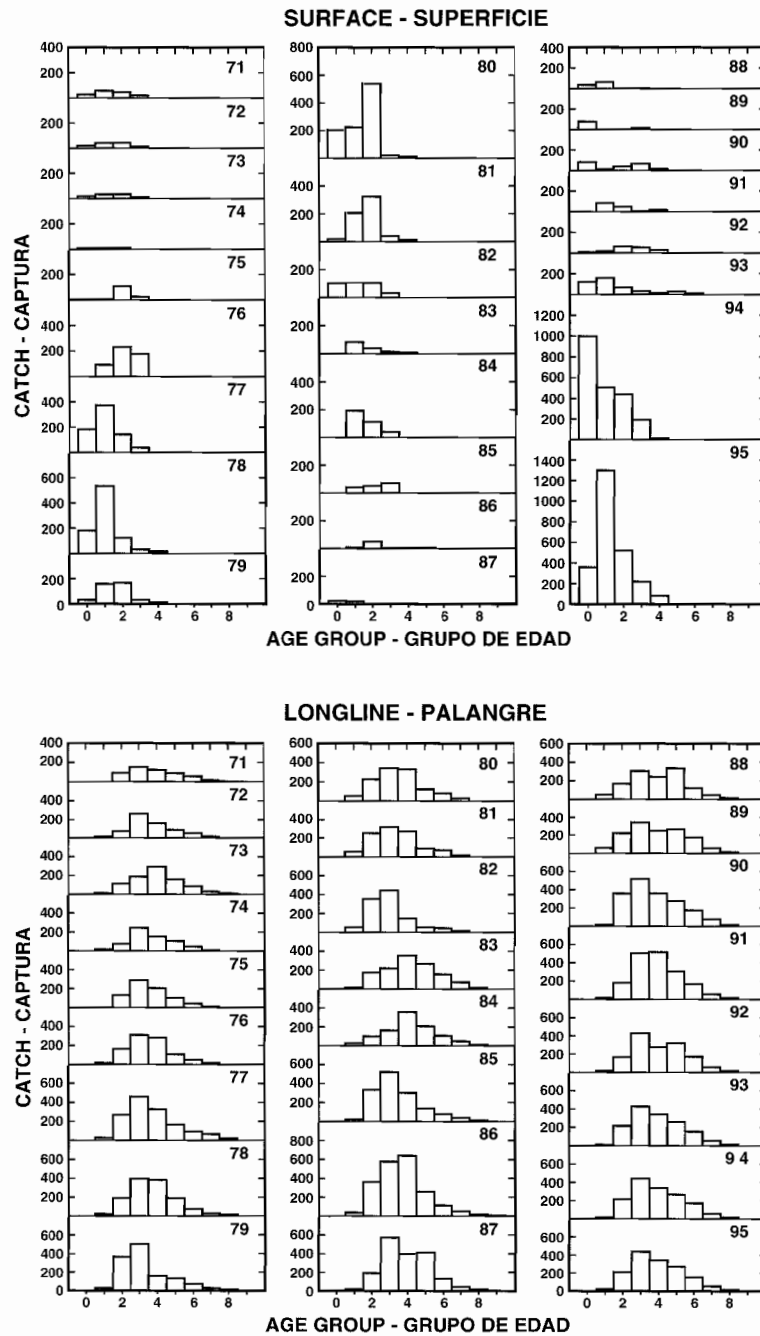
**FIGURE 82.** Estimates, from production modelling, of the relationships between longline CPUE of bigeye tuna, in short tons per thousand hooks, and total effort, standardized to longline effort in millions of hooks, for two values of  $m$ . The dots indicate observed values, and the curves indicate expected catches under equilibrium conditions.

**FIGURA 82.** Estimaciones, del modelado de producción, de las relaciones entre la CPUE palangrera de atún patudo, en toneladas cortas por mil anzuelos, y el esfuerzo total, estandarizado al esfuerzo palangrero en millones de anzuelos, correspondientes a dos valores de  $m$ . Los puntos indican valores observados, y las curvas las capturas esperadas bajo condiciones de equilibrio.



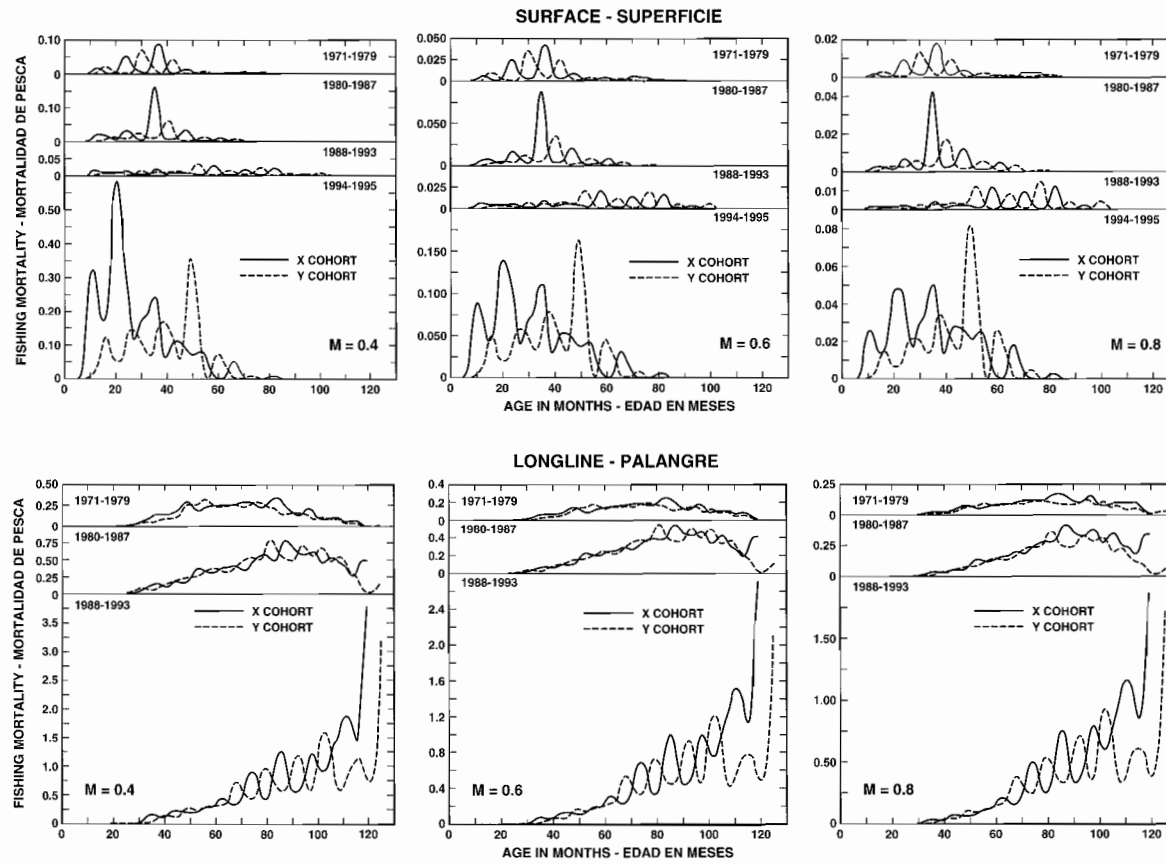
**FIGURE 83.** Temporal trends for the longline CPUE of bigeye tuna, in short tons per thousand hooks, in the EPO, and trends predicted with production modelling.

**FIGURA 83.** Tendencias temporales en la CPUE palangrera de atún patudo, en toneladas cortas por mil anzuelos, en el OPO, y tendencias predichas con el modelo de producción.

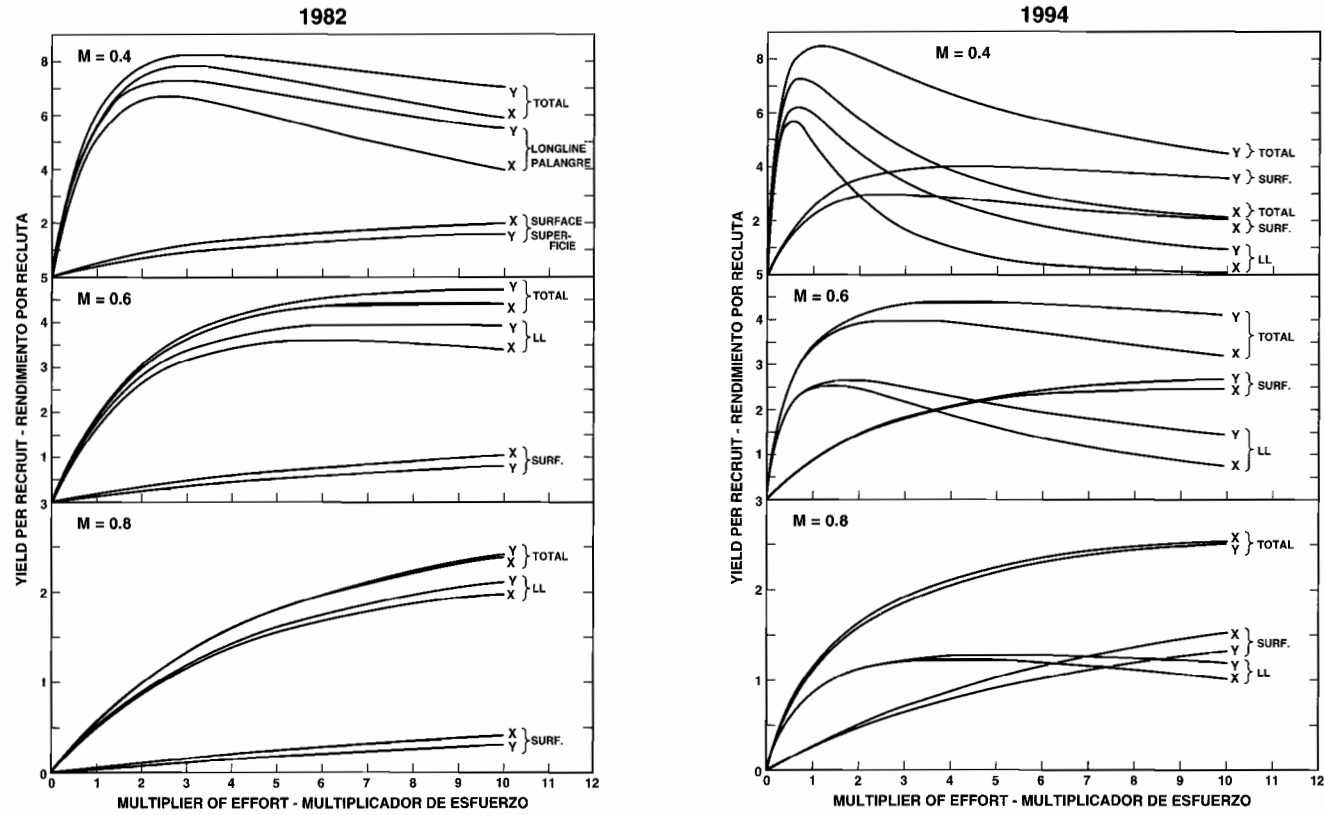


**FIGURE 84.** Estimated catches of bigeye tuna of ages 0 through 9, in thousands of fish, in the EPO by the surface and longline fisheries.

**FIGURA 84.** Capturas estimadas de atunes patudo de edad 0 a 9, en miles de pescados, en el OPO por las pesquerías de superficie y palangrera.

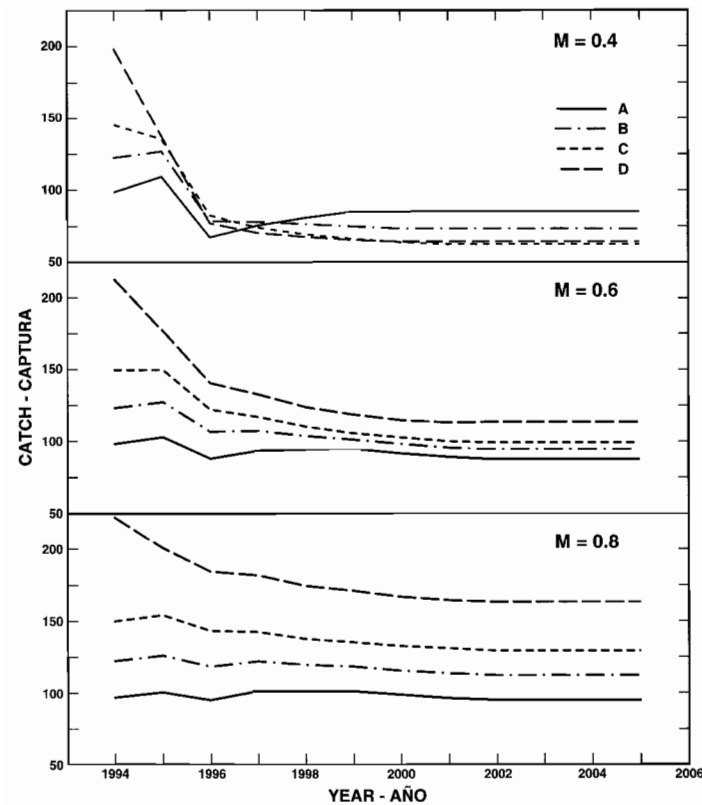


**FIGURE 85.** Smoothed average annual values of  $F$  for bigeye tuna of different ages, for the surface and longline fisheries, estimated by cohort analysis.  
**FIGURA 85.** Valores anuales medios suavizados de  $F$  correspondientes a atunes patudo de distintas edades, en las pesquerías de superficie y palangrera, estimados por análisis de cohortes.

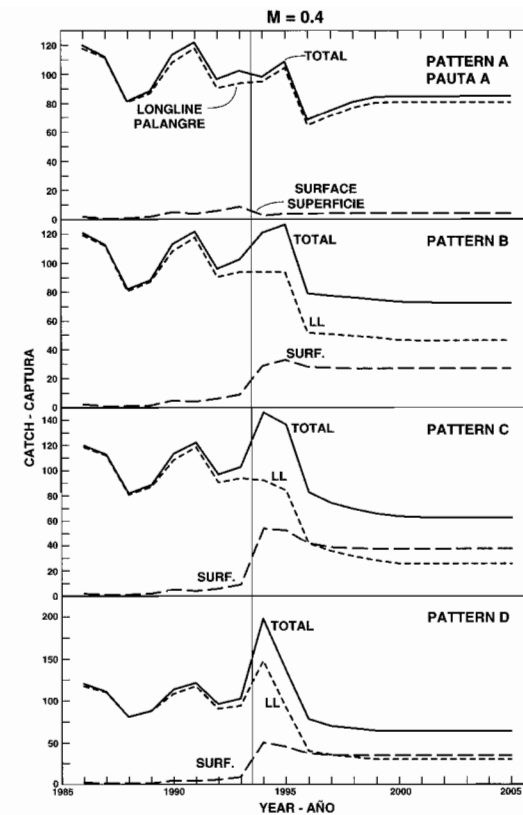


**FIGURE 86.** Yields per recruit for bigeye tuna, in pounds, with various multiples of the fishing effort of 1982 and 1994.

**FIGURA 86.** Rendimientos por recluta del atún patudo, en libras, con varios múltiplos del esfuerzo de pesca de 1982 y 1994.



**FIGURE 87.** Estimated total catches of bigeye tuna, in thousands of short tons, with the four patterns of fishing described in the text.  
**FIGURA 87.** Capturas totales estimadas de atunes patudo, en miles de toneladas cortas, con las cuatro pautas de pesca descritas en el texto.



**FIGURE 88.** Estimated total catches of bigeye tuna, in thousands of short tons, with the four patterns of fishing described in the text and  $M = 0.4, 0.6$ , and  $0.8$ .  
**FIGURA 88.** Capturas totales estimadas de atunes patudo, en miles de toneladas cortas, con las cuatro pautas de pesca descritas en el texto y  $M = 0,4, 0,6$ , y  $0,8$ .

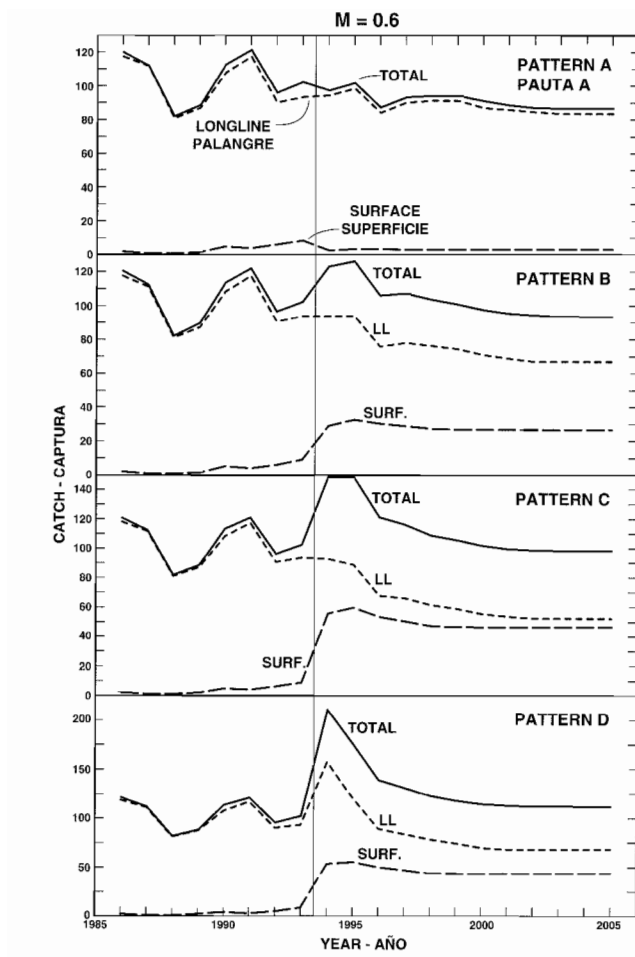


FIGURE 88. (continued)  
FIGURA 88. (continuación)

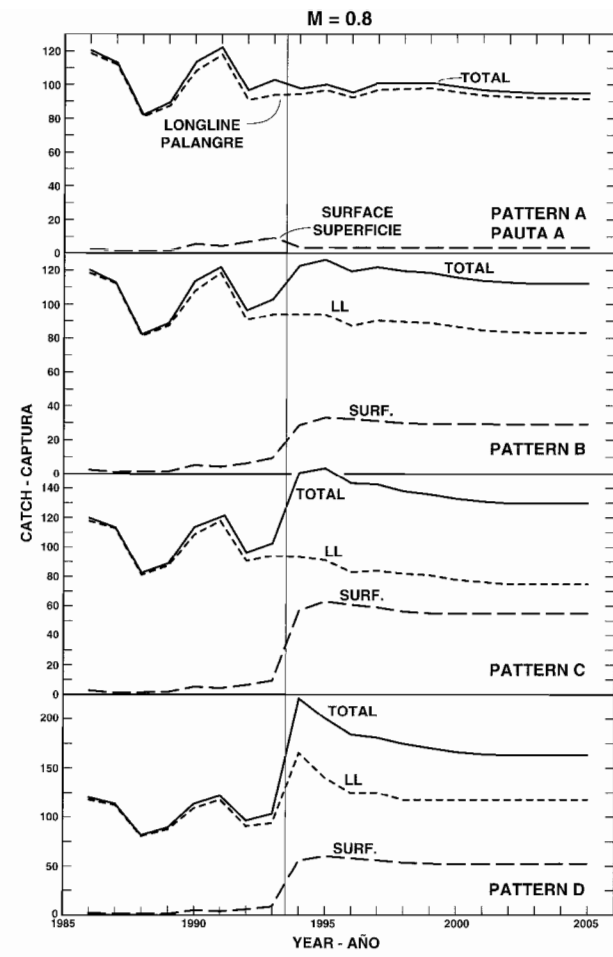
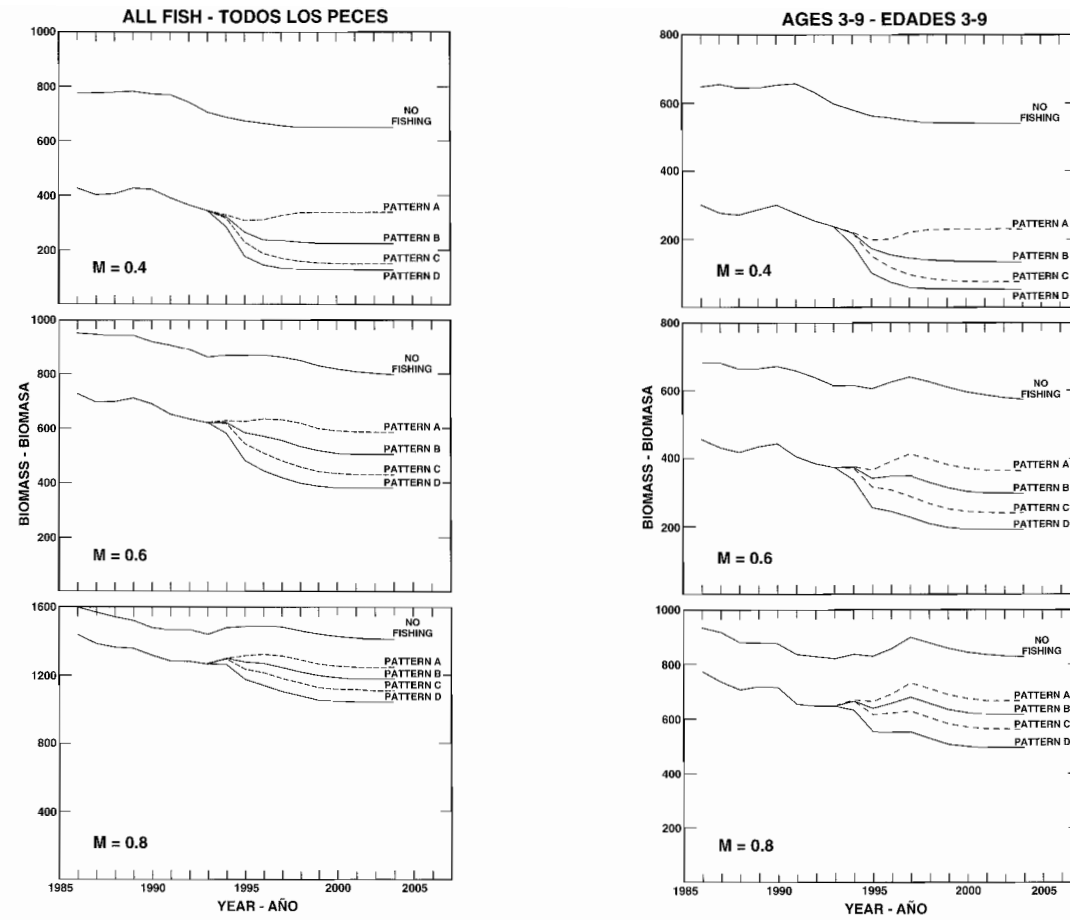
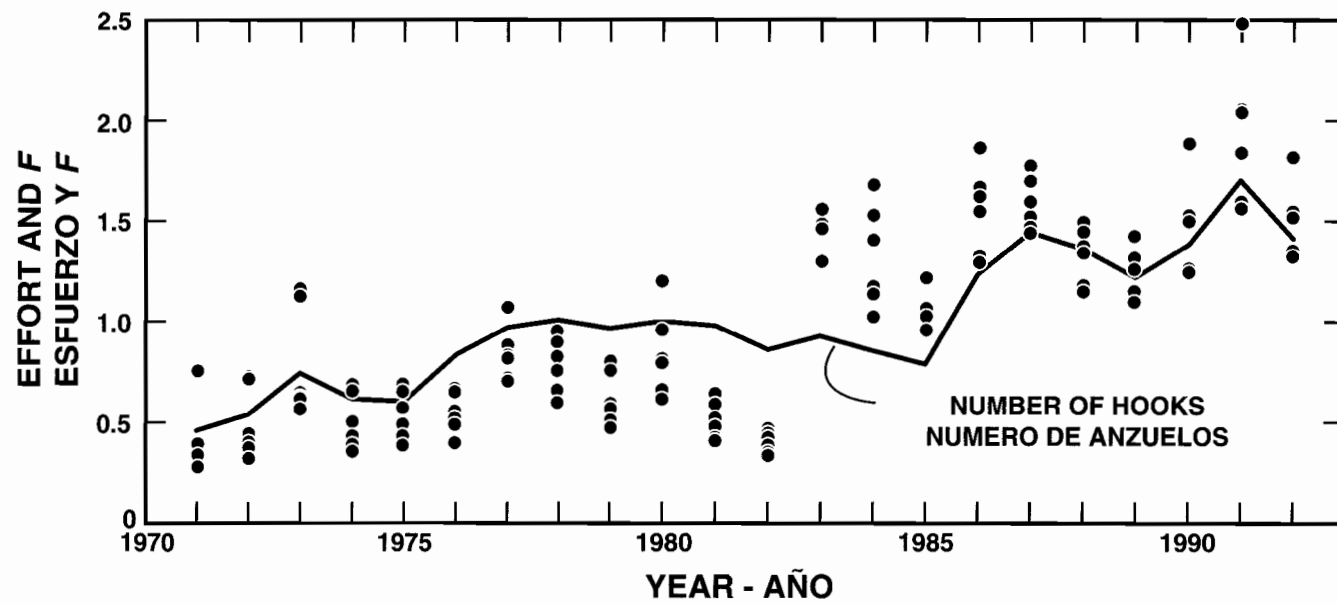


FIGURE 88. (continued)  
FIGURA 88. (continuación)



**FIGURE 89.** Estimated biomasses of bigeye tuna, in thousands of short tons, with no fishing and with the four patterns of fishing described in the text and  $M = 0.4, 0.6$ , and  $0.8$ .

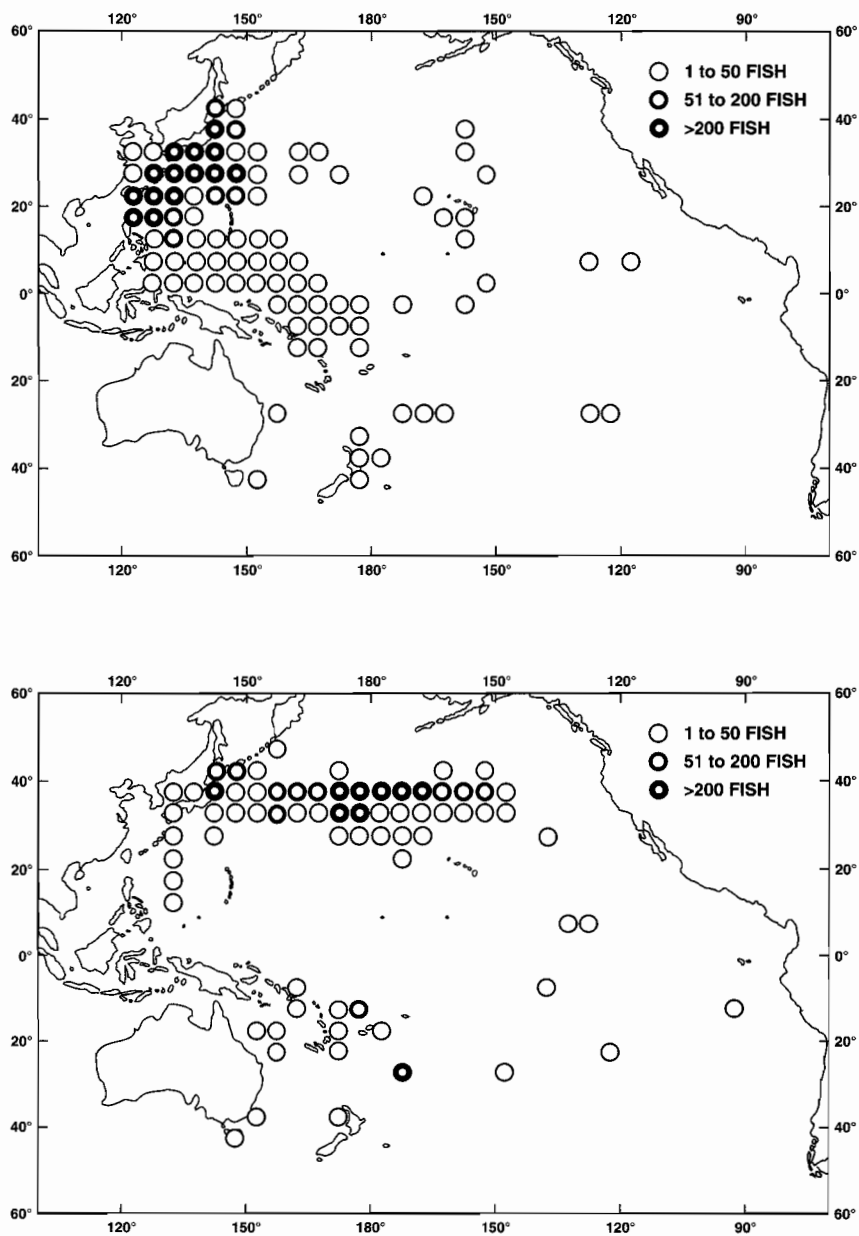
**FIGURA 89.** Biomassas estimadas del atún patudo, en miles de toneladas cortas, sin pesca y con las cuatro pautas de pesca descritas en el texto y  $M = 0.4, 0.6$ , y  $0.8$ .



**FIGURE 90.** Longline effort, in number of hooks deployed, and values of  $F$  (dots) for two cohorts and three values of  $M$ . Both sets of values are adjusted to a mean of 1.0.

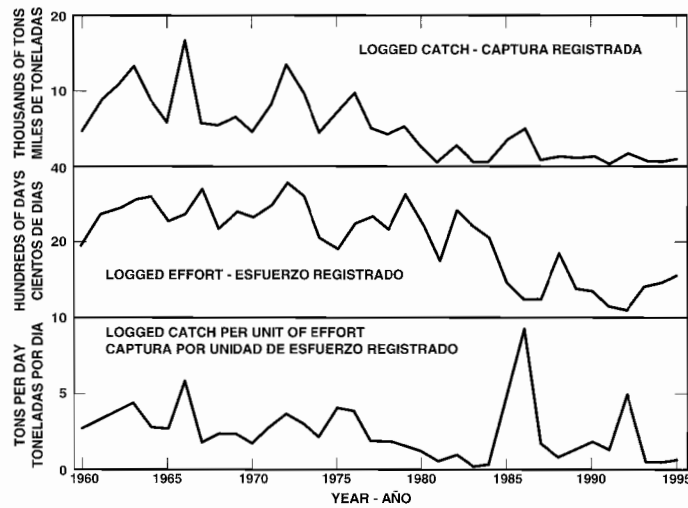
**FIGURA 90.** Esfuerzo palangrero, en número de anzuelos calados, y valores de  $F$  (puntos) correspondientes a dos cohortes y tres valores de  $M$ . Ambos conjuntos de valores están ajustados a un promedio de 1.0.



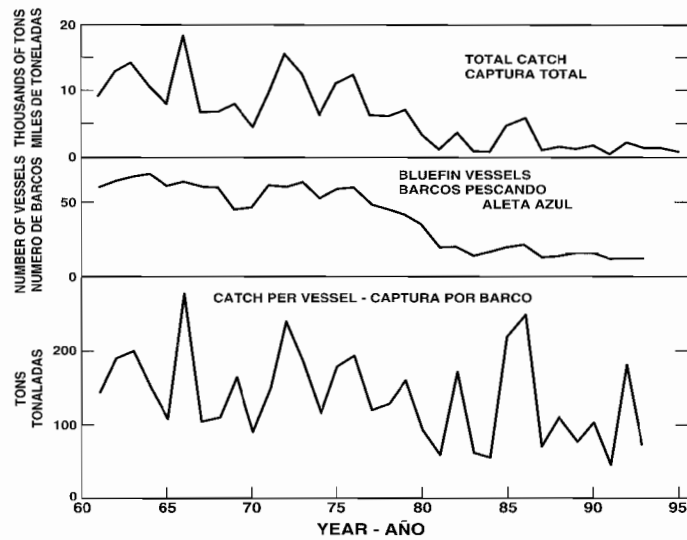


**FIGURE 91.** Areas where catches of northern bluefin tuna were taken by Japanese longline vessels during May (upper panel) and November (lower panel) of the 1959-1972 period. The values in the upper right corners of the maps indicate the total numbers of fish caught in the 1-degree areas during the 14-year period.

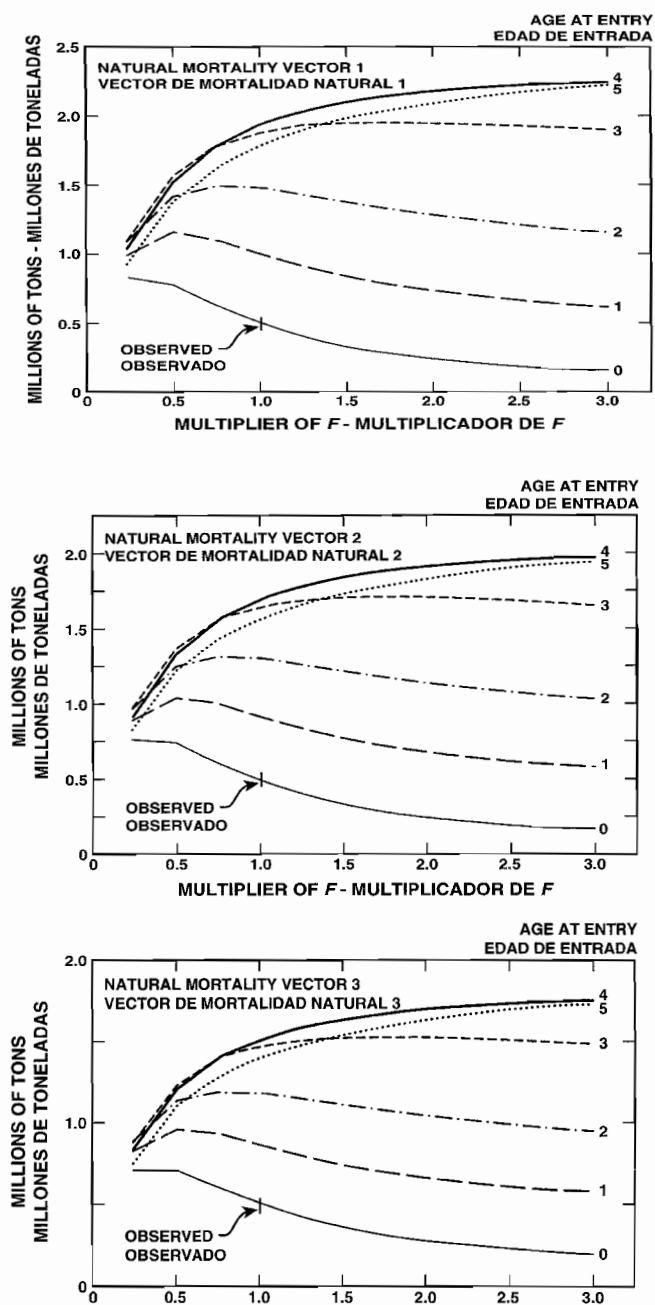
**FIGURA 91.** Areas donde atunes aleta azul del norte fueron capturados por barcos palangreros japoneses en mayo (recuadro superior) y noviembre (recuadro inferior) del periodo de 1959-1972. Los valores en la esquina superior derecha de cada mapa indican los números totales de peces capturados en los areas de 1° durante el periodo de 14 años.



**FIGURE 92.** Catch, effort, and catch-per-unit of effort data for the surface fishery for northern bluefin tuna in the eastern Pacific Ocean, as determined by the habitat index method. The data for 1995 are preliminary.  
**FIGURA 92.** Datos de captura, esfuerzo, y captura por unidad de esfuerzo para la pesquería de superficie de atunes aleta azul del norte en el Océano Pacífico oriental, calculados con el método de índice del hábitat. Los datos de 1995 son preliminares.



**FIGURE 93.** Catch, effort, and catch-per-unit of effort data for the surface fishery for northern bluefin tuna in the eastern Pacific Ocean, as determined by the bluefin vessel index method.  
**FIGURA 93.** Datos de captura, esfuerzo, y captura por unidad de esfuerzo para la pesquería de superficie de atunes aleta azul del norte en el Océano Pacífico oriental, calculados con el método de índice de barcos que pescan aleta azul.



**FIGURE 94.** Total estimated catches of northern bluefin tuna during the 1966-1986 period with six different vectors of natural mortality, six different multipliers of fishing mortality, and six different ages of entry into the fishery.

**FIGURA 94.** Capturas totales estimadas de atún aleta azul del norte durante 1966-1986 con seis vectores distintos de mortalidad natural, seis multiplicadores distintos de mortalidad por pesca, y seis edades distintas de ingreso a la pesquería.

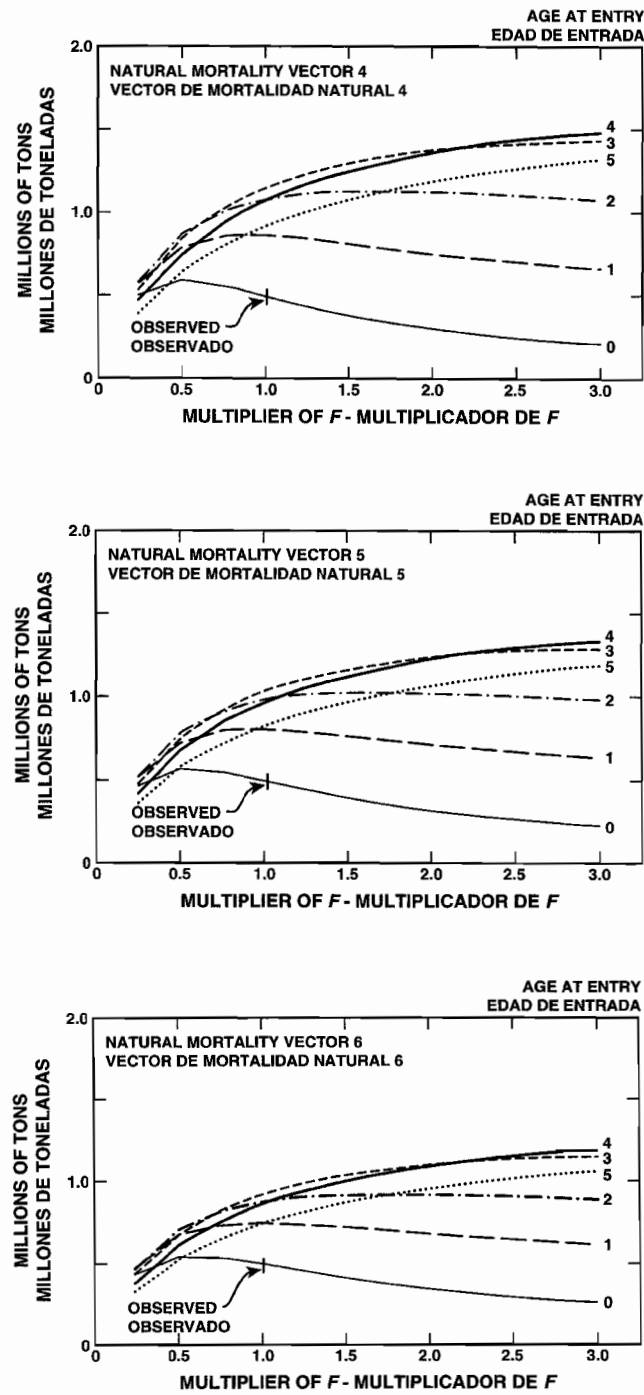
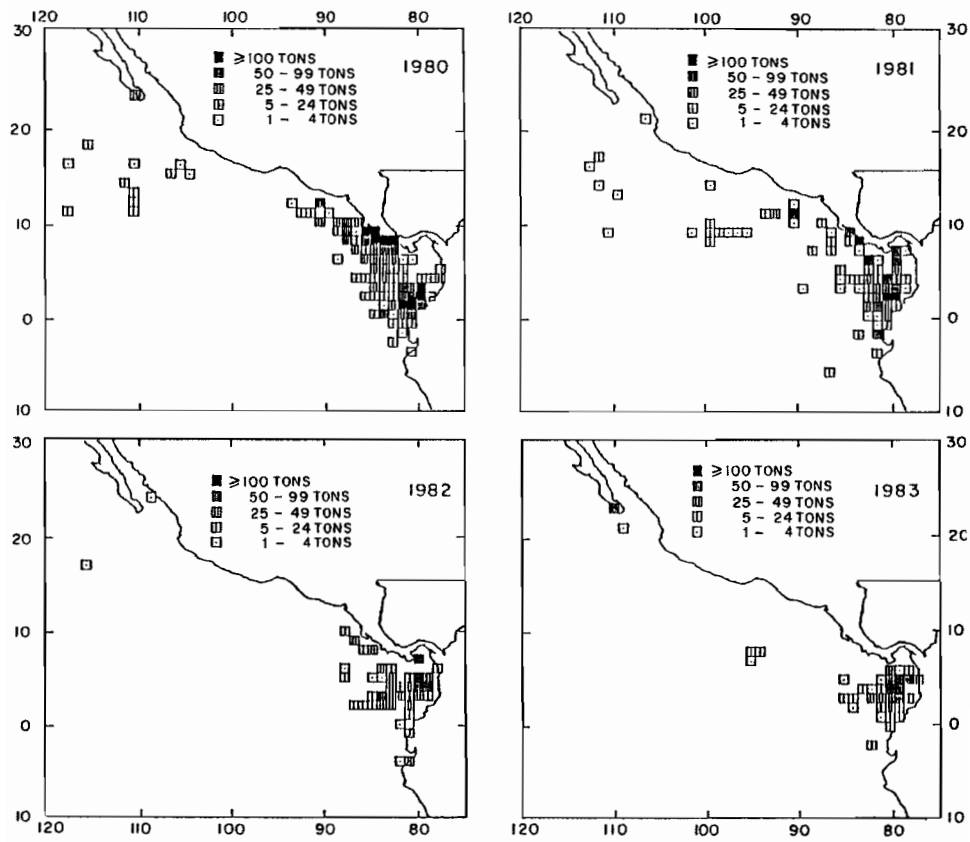
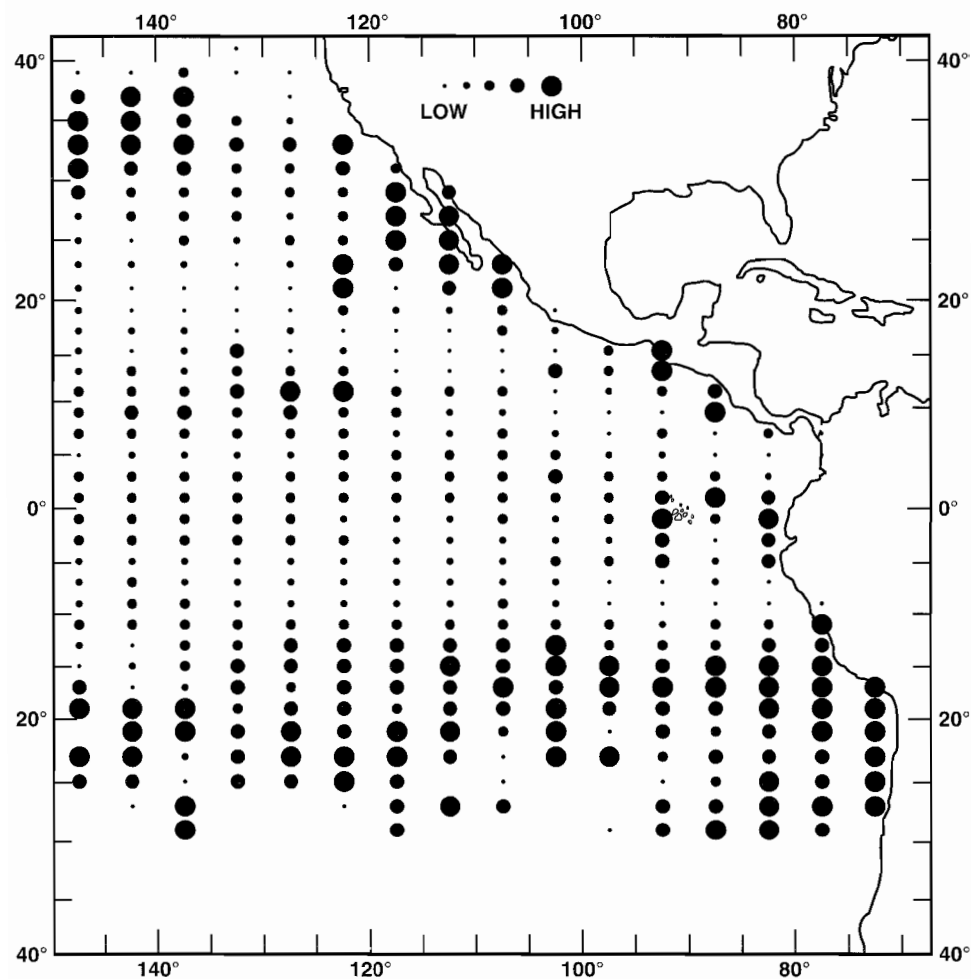


FIGURE 94. (continued)  
 FIGURA 94. (continuación)



**FIGURE 95.** Logged purse-seine catches of black skipjack in the eastern Pacific Ocean during 1980-1983.  
**FIGURA 95.** Capturas de barrilete negro con red de cerco registradas en el Océano Pacífico oriental en 1980-1983.



**FIGURE 96.** Average annual distribution of swordfish in the eastern Pacific Ocean, as estimated from catch-per-standardized-unit-of-effort data for 1971-1987.

**FIGURA 96.** Distribución anual media del pez espada en el Océano Pacífico oriental, estimada a partir de datos de captura por unidad estandarizada de esfuerzo correspondientes a 1971-1987.

**TABLE 1.** Estimated catches by surface gear, in short tons, by the eastern Pacific tuna fleet. The abbreviations used in the table are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; BET, bigeye; BFT, bluefin; BEP, bonito; ALB, albacore; BKJ, black skipjack; MISC, other species including sharks, other tunas, and miscellaneous fishes; CYRA, Commission's Yellowfin Regulatory Area; outside, area between the CYRA and 150°W. The 1995 data are preliminary. Additional information concerning this table is given in the text.

**TABLA 1.** Capturas estimadas, en toneladas cortas, logradas con artes de superficie por la flota atunera del Pacífico oriental. En la tabla se usan las siguientes abreviaturas: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete; BET: patudo; BFT: aleta azul; BEP: bonito; ALB: albacora; BKJ: barrilete negro; MISC: otras especies, incluyendo tiburones, otros túnidos, y peces diversos; ARCAA: Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla; exterior: zona entre el ARCAA y 150°W. Los datos de 1995 son preliminares. En el texto se presenta mayor información sobre esta tabla.

Year Año	CYRA ARCAA	Outside Exterior	Pacific Ocean east of 150°W Océano Pacífico al este de 150°W								Total
	YFT	YFT	YFT	SKJ	BET	BFT	BEP	ALB	BKJ	MISC	
1963	68,374	0	68,374	105,333	83	13,528	3,442	3,772	0	265	194,797
1964	97,720	0	97,720	65,321	75	10,160	7,387	3,671	5	249	184,588
1965	86,971	0	86,971	86,195	130	7,593	4,463	710	18	171	186,251
1966	88,859	0	88,859	66,670	294	17,524	4,910	2,139	10	465	180,871
1967	88,140	0	88,140	132,999	1,834	6,491	11,072	4,133	0	127	244,796
1968	111,246	1,207	112,453	78,385	2,820	6,587	8,772	4,955	0	139	214,111
1969	122,824	19,217	142,041	65,111	635	7,635	3,252	3,246	0	1	221,921
1970	140,868	30,680	171,548	61,752	1,469	4,372	5,223	4,934	0	30	249,328
1971	112,650	22,757	135,407	115,435	2,829	9,215	10,582	2,745	6	67	276,286
1972	150,483	44,767	195,250	36,827	2,467	14,713	9,780	5,327	662	405	265,431
1973	176,746	49,507	226,253	48,451	2,181	11,844	8,668	2,553	1,845	392	302,187
1974	190,898	40,988	231,886	86,865	981	6,191	4,889	5,272	4,125	1,086	341,295
1975	175,094	47,729	222,823	136,541	4,104	10,564	18,561	3,673	563	305	397,134
1976	209,677	50,828	260,505	139,069	11,228	11,734	4,817	4,115	1,682	1,462	434,612
1977	201,366	17,792	219,158	95,171	7,777	6,033	12,428	2,164	1,607	2,149	346,487
1978	182,967	16,037	199,004	187,184	12,912	5,950	5,331	1,923	2,383	888	415,575
1979	193,903	15,177	209,080	145,531	8,303	6,743	1,989	361	1,506	1,376	374,889
1980	145,343	29,639	174,982	143,763	16,999	3,240	6,735	661	4,057	1,050	351,487
1981	173,871	26,544	200,415	131,843	11,124	1,200	6,523	830	2,106	1,114	355,155
1982	117,778	20,079	137,857	108,781	4,522	3,472	2,339	610	1,475	863	259,919
1983	90,392	13,481	103,873	64,049	3,593	941	4,221	503	1,362	1,884	180,426
1984	141,716	18,187	159,903	66,746	6,543	972	3,873	5,899	734	1,088	245,758
1985	212,242	26,950	239,192	54,520	4,996	4,470	3,973	956	327	591	309,025
1986	251,465	44,257	295,722	70,054	2,137	5,605	540	148	656	1,256	376,118
1987	273,541	26,559	300,100	68,723	855	1,108	3,666	460	614	1,777	377,303
1988	294,561	22,941	317,502	94,101	1,161	1,569	10,527	178	1,397	1,430	427,865
1989	267,135	51,845	318,980	101,825	1,621	1,289	13,332	1	863	1,182	439,093
1990	249,587	51,659	301,246	80,049	5,194	1,699	15,274	203	873	1,041	405,579
1991	241,855	21,545	263,400	69,732	4,122	509	1,420	919	492	715	341,309
1992	243,952	20,436	264,388	92,555	6,060	2,233	1,078	337	115	840	367,606
1993	235,078	20,738	255,816	96,245	8,895	951	661	1	114	346	363,029
1994	216,836	23,781	240,617	81,518	32,006	1,166	9,385	94	258	721	365,670
1995	216,619	31,023	247,642	144,844	36,472	964	8,684	558	204	2,758	442,126

TABLE 1. (continued)  
TABLA 1. (continuación)

Year Año	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic and Caribbean Atlántico y Caribe				Total, all areas and species Total, todas las zonas y especies
	YFT	SKJ	MISC	YFT	SKJ	BET	MISC	
1961	0	0	0	14	111	0	0	204,049
1962	0	0	0	0	0	0	0	172,192
1963	0	0	0	14	1,828	0	2,985	199,623
1964	0	0	0	0	4,361	0	3,159	192,108
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	187,864
1966	0	0	0	0	4	0	124	180,999
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	247,448
1968	0	0	0	7,370	4,213	17	0	225,711
1969	0	0	0	20,242	5,202	163	0	247,528
1970	0	227	0	10,321	13,094	215	1,790	274,975
1971	0	0	0	4,540	20,157	649	1,820	303,452
1972	0	0	0	14,159	14,796	234	1,095	295,715
1973	0	0	0	4,246	25,495	125	746	332,799
1974	35	0	0	6,528	21,693	957	177	370,685
1975	0	363	0	15,884	8,308	74	910	422,673
1976	247	5,436	2	2,509	2,841	42	469	446,158
1977	157	6,822	4	8,821	7,055	365	130	369,841
1978	24	8,050	46	11,475	9,381	274	369	445,194
1979	0	4,826	0	3,491	3,097	234	659	387,196
1980	351	6,061	0	5,540	4,269	222	32	367,962
1981	5,368	6,604	0	4,401	5,048	141	186	376,903
1982	6,106	13,402	66	5,502	3,276	380	243	288,894
1983	27,930	55,325	390	10,269	6,742	0	276	281,358
1984	5,877	17,971	537	7,695	5,932	3	194	283,967
1985	992	5,368	7	7,851	4,096	0	41	327,380
1986	1,845	2,736	0	1,068	1,767	9	15	383,558
1987	1,532	3,427	15	4,004	2,420	26	107	388,834
1988	772	2,102	556	334	202	0	0	431,831
1989	0	0	269	2,957	1,762	0	2	444,083
1990	2,247	9,708	484	2,952	1,942	69	11	422,992
1991	4	1,792	8	5,513	3,761	0	38	352,425
1992	0	0	90	3,487	2,042	30	241	373,496
1993	0	0	165	5,048	5,418	0	91	373,751
1994	7,439	3,303	55	5,409	3,064	0	143	385,083
1995	0	14	644	1,256	545	0	0	444,585



**TABLE 2.** Estimates of the catches and landings of tunas caught by surface gear in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1994, by species and vessel flag, in short tons.**TABLA 2.** Estimaciones de las capturas y desembarcos de atunes capturados con artes de superficie en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 1994, por especie y bandera del barco, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other <sup>1</sup>	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras <sup>1</sup>	Total	Porcentaje del total
	ARCAA	Exterior									
<b>CATCHES—CAPTURAS</b>											
Colombia	8,772	4	8,237	5,659	0	0	0	0	0	22,672	6.2
Ecuador	22,021	0	17,058	5,161	0	0	0	154	414	44,808	12.3
Mexico	91,120	18,104	15,079	2,131	72	8,994	0	0	11	135,511	37.1
Panama	3,899	0	2,116	0	0	0	0	0	0	6,015	1.6
U.S.A.	11,812	1,546	12,267	4,762	1,094	391	94	104	1	32,071	8.7
Vanuatu	30,480	153	10,365	7,059	0	0	0	0	259	48,316	13.2
Venezuela	43,251	3,941	5,858	504	0	0	0	0	0	53,554	14.7
Other—Otros <sup>2</sup>	5,481	33	10,538	6,730	0	0	0	0	36	22,818	6.2
<b>Total</b>	<b>216,836</b>	<b>23,781</b>	<b>81,518</b>	<b>32,006</b>	<b>1,166</b>	<b>9,385</b>	<b>94</b>	<b>258</b>	<b>721</b>	<b>365,670</b>	
<b>LANDINGS—DESEMBARCOS</b>											
Colombia	24,552	128	14,874	6,316	0	0	0	0	259	46,129	12.4
Costa Rica	21,661	9	3,698	1,429	0	0	0	17	2	26,816	7.2
Ecuador	51,129	4	39,370	14,976	0	0	0	154	451	106,084	28.5
Mexico	89,823	18,307	12,538	828	72	9,203	0	0	11	130,782	35.1
Spain	2,040	436	940	1,620	0	0	0	0	0	5,036	1.4
U.S.A.	8,185	283	7,715	2,640	1,094	182	94	88	0	20,281	5.4
Venezuela	26,731	3,810	2,707	228	0	0	0	0	0	33,476	9.0
Other—Otros <sup>3</sup>	2,862	1,149	146	45	0	0	0	0	0	4,202	1.1
<b>Total</b>	<b>226,983</b>	<b>24,126</b>	<b>81,988</b>	<b>28,082</b>	<b>1,166</b>	<b>9,385</b>	<b>94</b>	<b>259</b>	<b>723</b>	<b>372,806</b>	

<sup>1</sup> Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.<sup>1</sup> Incluye macarelas, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.<sup>2</sup> Includes Belize, Cyprus, New Zealand, Spain, and St. Vincent and the Grenadines. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.<sup>2</sup> Incluye Belice, Chipre, España, Nueva Zelandia, y San Vicente y Granadinas. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.<sup>3</sup> Includes Italy, North Africa, Peru, and unidentified locations. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.<sup>3</sup> Incluye Africa del Norte, Italia, Perú, y localidades no identificadas. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

**TABLE 3.** Preliminary estimates of the catches and landings of tunas caught by surface gear in the EPO in 1995, by species and vessel flag, in short tons.**TABLA 3.** Estimaciones preliminares de las capturas y desembarcos de atunes capturados con artes de superficie en el OPO en 1995, por especie y bandera del barco, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other <sup>1</sup>	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras <sup>1</sup>	Total	Porcentaje del total
	ARCAA	Exterior									
<b>CATCHES—CAPTURAS</b>											
Colombia	8,772	4	8,237	5,659	0	0	0	0	0	22,672	6.2
Colombia	10,304	1,228	12,854	4,577	0	0	0	3	1,653	30,619	6.9
Ecuador	20,804	364	35,414	6,854	0	0	0	140	127	63,703	14.4
Mexico	98,762	19,271	37,467	1,087	13	8,647	0	1	206	165,454	37.4
U.S.A.	6,954	1,198	17,545	8,011	951	37	558	24	82	35,360	7.9
Vanuatu	25,959	1,575	15,511	9,448	0	0	0	0	540	53,033	12.0
Venezuela	46,894	6,546	4,881	481	0	0	0	0	0	58,802	13.3
Other—Otros <sup>2</sup>	6,942	841	21,172	6,014	0	0	0	36	150	35,155	8.0
<b>Total</b>	<b>216,619</b>	<b>31,023</b>	<b>144,844</b>	<b>36,472</b>	<b>964</b>	<b>8,684</b>	<b>558</b>	<b>204</b>	<b>2,758</b>	<b>442,126</b>	
<b>LANDINGS—DESEMBARCOS</b>											
Colombia	18,211	335	10,442	5,303	0	0	0	3	0	34,294	7.8
Costa Rica	20,167	1,131	3,829	2,307	0	0	0	1	26	27,461	6.3
Ecuador	39,300	2,367	74,339	20,519	0	0	0	141	595	137,261	31.2
Italy	7,692	1,455	122	0	0	0	0	0	0	9,269	2.1
Japan	1,731	48	0	0	0	0	0	0	0	1,779	0.4
Mexico	67,766	16,674	22,909	761	13	6,918	0	0	161	115,202	26.2
Middle East	1,119	0	0	0	0	0	0	0	0	1,119	0.3
Spain	8,362	353	1,290	676	0	1,685	0	0	0	12,366	2.8
U.S.A.	5,591	1,038	19,264	6,806	951	37	558	24	1	34,270	7.7
Venezuela	30,531	5,760	2,879	371	0	0	0	0	0	39,541	9.0
Other—Otros <sup>3</sup>	14,340	2,086	6,416	2,498	0	44	0	0	1,733	27,117	6.2
<b>Total</b>	<b>214,810</b>	<b>31,247</b>	<b>141,490</b>	<b>39,241</b>	<b>964</b>	<b>8,684</b>	<b>558</b>	<b>169</b>	<b>2,516</b>	<b>439,679</b>	

<sup>1</sup> Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.<sup>1</sup> Incluye macarelas, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.<sup>2</sup> Includes Belize, Costa Rica, Cyprus, New Zealand, Panama, and Spain. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.<sup>2</sup> Incluye Belice, Chipre, Costa Rica, España, Nueva Zelandia, y Panamá. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.<sup>3</sup> Includes Peru and unidentified locations. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.<sup>3</sup> Incluye Perú y localidades no identificadas. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

**TABLE 4.** Logged catches of yellowfin (YFT), skipjack (SKJ), and bigeye (BET) tuna in three types of purse-seine sets, and total purse-seine catches of yellowfin, skipjack, and bigeye. The numbers of sets differ from those shown in Table 15 because the values in Table 15 were obtained from the observer data base and because many sets on floating objects and free-swimming schools were made by vessels which did not carry observers.

**TABLA 4.** Capturas registradas de aleta amarilla (YFT), barrilete (SKJ), y patudo (BET) en tres tipos de lance cerquero, y capturas totales de aleta amarilla, barrilete, y patudo por barcos cerqueros. Los números de lances no equivalen a aquellos presentados en la Tabla 15 porque los valores en dicha tabla provienen de la base de datos de observadores y porque muchos lances sobre objetos flotantes y cardúmenes no asociados fueron realizados por barcos que no llevaban observador.

Year	Logged sets and catches												Total catches		
	Dolphin				Floating object				Free-swimming				YFT	SKJ	BET
	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET			
Lances y capturas registradas													Capturas totales		
Año	Delfin				Objeto flotante				No asociados				YFT	SKJ	BET
	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET			
1963	3,157	16,965	407	0	124	177	920	0	8,229	22,103	44,447	0	56,371	79,268	0
1964	5,832	34,730	1,013	0	169	404	608	0	6,596	30,650	31,777	0	88,352	48,676	0
1965	6,031	40,102	823	0	107	636	641	0	6,595	17,746	36,757	9	76,653	61,545	1
1966	5,326	36,461	1,548	0	145	978	608	0	6,060	24,543	30,592	100	81,582	48,750	120
1967	3,462	28,291	342	0	718	1,913	5,382	115	8,635	33,196	75,249	690	80,301	106,298	1,010
1968	3,754	43,068	561	349	844	7,312	11,051	39	7,246	42,476	40,043	963	103,436	59,820	2,751
1969	7,602	98,577	6,738	0	220	1,589	1,454	25	5,743	21,836	26,324	261	131,511	44,930	635
1970	7,855	100,902	8,021	9	241	1,386	1,893	0	8,536	45,489	27,782	140	160,554	45,703	1,469
1971	4,784	72,406	1,212	0	955	4,089	15,550	110	8,857	32,283	58,296	1,635	125,737	95,914	2,728
1972	8,084	129,964	708	0	577	7,350	5,083	419	4,085	24,851	13,750	1,480	186,759	29,032	2,394
1973	8,608	127,922	735	154	1,002	10,000	6,941	699	7,525	46,800	17,818	803	220,071	36,945	2,037
1974	7,759	98,297	553	18	3,384	32,949	32,708	221	7,466	47,295	28,562	448	220,193	78,181	977
1975	7,894	112,712	877	0	2,699	16,173	32,273	1,898	9,501	46,364	54,778	1,686	214,335	120,820	4,073
1976	7,084	120,375	3,207	0	4,805	35,577	49,627	2,297	10,597	59,556	46,207	6,356	255,599	126,300	11,174
1977	7,133	90,508	3,294	119	2,610	19,150	20,777	2,652	10,434	57,173	34,371	3,048	216,293	84,839	7,775
1978	5,098	56,589	1,037	6	8,422	45,332	97,501	2,730	11,201	56,979	47,073	7,831	193,345	179,372	12,912
1979	7,246	75,911	1,251	20	6,043	33,243	76,010	1,525	12,296	59,789	40,437	3,685	203,079	137,245	8,302
1980	6,456	67,471	1,948	53	5,542	29,197	70,443	2,602	11,755	49,462	35,062	11,996	172,009	135,987	16,885
1981	6,618	73,439	490	0	5,010	25,006	63,711	2,305	10,644	59,688	35,582	6,393	197,046	124,485	11,122
1982	4,940	53,634	370	0	5,095	23,946	57,188	2,884	6,517	27,586	30,814	1,012	135,855	104,357	4,496
1983	3,583	32,156	1,506	0	3,057	11,849	26,008	1,673	7,641	39,387	23,317	520	97,550	58,570	3,466
1984	5,919	88,089	692	1	2,278	9,114	34,072	1,863	6,804	48,241	17,250	2,649	155,970	62,774	6,525
1985	10,156	166,416	78	0	1,434	11,436	21,001	2,448	4,730	34,762	25,685	1,049	237,668	53,324	4,956
1986	8,843	173,858	481	0	3,370	34,783	38,316	947	3,687	38,762	15,920	130	292,617	67,773	2,137
1987	11,514	182,922	477	22	2,596	26,418	27,968	434	5,090	47,469	24,779	147	293,968	64,620	850
1988	10,077	155,923	4,613	4	2,409	24,041	31,802	462	9,159	93,409	35,397	234	310,665	87,952	1,158
1989	11,308	191,099	1,299	13	2,568	26,877	36,941	610	7,181	59,958	41,036	146	311,811	97,244	1,621
1990	10,269	184,362	818	0	2,689	34,793	33,156	2,924	7,090	54,662	35,349	1,300	295,700	76,965	5,181
1991	8,932	161,099	868	0	2,222	23,760	33,460	1,654	5,435	50,195	19,413	1,333	258,543	65,605	4,081
1992	9,709	175,231	1,135	0	1,962	14,265	44,771	899	6,099	49,265	31,565	3,789	256,124	89,385	6,050
1993	6,660	116,368	769	79	1,777	16,801	44,490	2,762	8,537	93,124	30,293	2,129	246,388	89,789	8,866
1994	7,141	126,943	618	0	2,087	17,299	42,047	22,015	6,913	60,684	19,303	1,399	236,046	77,491	31,244
1995	6,272	135,850	1,259	0	2,314	18,248	49,372	23,301	7,819	59,295	39,686	3,124	245,938	138,155	36,030

**TABLE 5.** World catches of the principal market species of tunas, in thousands of short tons (from FAO yearbooks of fisheries statistics).**TABLA 5.** Capturas mundiales de las principales especies comerciales de atunes, en miles de toneladas cortas (de compendios anuales de la FAO de estadísticas pesqueras).

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Pacific Ocean—Océano Pacífico																				
SKJ	481	611	561	739	644	676	624	625	783	914	729	899	833	1031	956	1045	1265	1100	1147	1145
YFT	375	420	398	394	412	396	450	420	427	454	525	598	660	661	720	781	735	797	760	741
BET	113	140	159	130	139	145	115	121	123	114	137	166	164	133	139	179	159	175	147	137
ALB	122	169	115	150	117	118	122	122	98	114	116	119	138	143	174	148	99	149	118	129
NBF	19	18	20	21	25	19	30	28	17	9	13	16	13	8	10	7	6	8	10	10
SBF	11	11	5	8	11	10	13	7	5	3	3	3	3	2	2	4	2	5	6	7
Total	1120	1369	1257	1443	1348	1364	1354	1323	1452	1608	1522	1800	1810	1977	2002	2164	2266	2234	2188	2169
Atlantic Ocean—Océano Atlántico																				
SKJ	75	81	108	105	97	127	144	170	148	144	129	137	126	153	126	149	215	163	189	185
YFT	137	138	144	142	146	139	166	176	178	126	165	152	149	141	170	191	177	169	164	168
BET	55	34	40	45	38	40	72	80	66	76	83	66	54	62	76	72	79	81	102	116
ALB	67	72	89	80	82	70	66	80	74	63	84	86	74	76	69	76	59	70	76	67
NBF	24	26	23	21	16	17	21	26	26	30	29	24	22	29	27	27	28	31	33	41
SBF	2	5	7	8	11	11	8	6	5	6	4	3	4	3	3	3	4	3	4	2
Total	361	357	412	400	390	399	472	534	492	440	493	467	430	464	470	518	562	516	569	578
Indian Ocean—Océano Índico																				
SKJ	40	42	33	34	37	47	52	58	69	114	151	164	186	233	275	245	246	311	275	283
YFT	49	56	57	50	41	39	41	55	65	106	111	131	145	202	190	206	210	277	362	279
BET	42	31	37	54	35	34	36	43	49	39	47	51	56	60	49	50	51	43	61	71
ALB	12	14	13	15	12	11	15	23	19	17	10	31	31	30	26	32	29	19	17	18
NBF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SBF	25	31	30	19	17	21	29	32	40	33	32	24	21	21	15	12	8	5	5	6
Total	167	173	170	172	144	158	172	211	242	309	351	401	439	546	554	545	544	655	719	657
All oceans—Todos océanos																				
SKJ	596	734	702	877	778	850	820	854	1000	1172	1008	1200	1145	1417	1356	1439	1727	1574	1611	1612
YFT	562	615	599	586	599	574	658	651	669	686	801	881	954	1004	1080	1178	1122	1242	1286	1189
BET	210	204	236	229	213	219	222	244	237	229	267	283	274	255	264	302	288	299	310	323
ALB	202	255	217	246	211	199	202	225	190	194	210	235	243	249	269	255	186	238	210	214
NBF	39	40	39	39	37	32	47	49	40	35	38	36	32	33	34	31	31	35	39	46
SBF	37	48	41	36	39	43	49	46	51	42	39	30	28	25	20	18	14	14	16	14
Total	1648	1899	1839	2014	1882	1921	1998	2068	2186	2357	2366	2668	2680	2988	3027	3226	3372	3405	3576	3404

**TABLE 6.** Numbers and carrying capacities, in short tons, of vessels of the eastern Pacific tuna fleet. *Bolicheras* are small purse seiners with limited ranges. Information for 1950-1960 is given in Table 4 of the IATTC Annual Report for 1988. The data for 1995 are preliminary.

**TABLA 6.** Número y capacidad de acarreo, en toneladas cortas, de los barcos de la flota atunera del Pacífico oriental. Las *bolicheras* son cerqueros pequeños con radio de acción limitado. En la Tabla 4 del Informe Anual de la CIAT de 1988 se presentan los datos de 1950-1960. Los datos de 1995 son preliminares.

Year	Seiners		Baitboats		Bolicheras		Trollers		Total	
	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons
Año	Cerqueros		De carnada		Bolicheras		Curricanes		Total	
	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.
1961	124	30,011	93	10,510	1	25	0	0	218	40,546
1962	130	33,945	89	6,725	27	675	0	0	246	41,345
1963	141	39,834	108	5,964	18	450	3	55	270	46,303
1964	134	40,307	88	4,712	3	65	0	0	225	45,084
1965	146	42,283	109	5,777	17	395	7	182	279	48,637
1966	126	39,869	113	6,217	7	140	2	29	248	46,255
1967	122	40,221	108	5,862	8	170	0	0	238	46,253
1968	139	50,613	89	5,743	4	100	2	24	234	56,480
1969	149	57,008	69	4,957	4	95	3	71	225	62,131
1970	162	67,508	49	4,302	0	0	9	177	220	71,987
1971	185	88,770	102	5,569	6	150	66	1,514	359	96,003
1972	206	112,361	108	6,707	4	100	74	1,946	392	121,114
1973	216	131,910	106	6,856	3	75	28	729	353	139,570
1974	230	146,990	111	7,766	4	110	7	150	352	155,016
1975	249	163,766	102	7,403	4	105	9	181	364	171,455
1976	250	176,469	99	7,071	4	115	38	909	391	184,564
1977	250	178,813	79	5,436	3	87	37	953	369	185,289
1978	262	180,781	68	5,044	9	272	50	1,303	389	187,400
1979	268	183,695	45	3,979	14	405	5	112	332	188,191
1980	258	184,669	46	3,838	12	355	4	106	320	188,968
1981	248	184,953	39	3,063	3	72	2	55	292	188,143
1982	221	167,780	36	2,713	2	60	4	131	263	170,684
1983	203	140,387	52	3,470	12	300	8	244	275	144,401
1984	166	114,322	40	3,055	0	0	9	232	215	117,609
1985	177	129,758	25	2,424	0	0	1	14	203	132,196
1986	166	124,118	17	1,939	0	0	0	0	183	126,057
1987	177	143,465	28	2,147	0	0	0	0	206	145,702
1988	187	148,322	36	3,081	0	0	3	70	226	151,473
1989	176	133,641	30	2,951	0	0	2	36	208	136,628
1990	172	135,552	22	1,749	0	0	2	267	196	137,568
1991	152	116,895	19	1,537	0	0	3	346	174	118,778
1992	159	110,014	19	1,518	0	0	1	177	179	111,709
1993	152	111,806	15	1,453	0	0	0	0	167	113,259
1994	166	115,062	20	1,626	0	0	0	0	186	116,688
1995	171	116,215	18	1,626	0	0	0	0	189	117,841

**TABLE 7.** Estimates of the numbers and carrying capacities in short tons of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the EPO in 1994 and 1995 by flag, gear, and size class. Each vessel is included in the totals for each flag under which it fished during the year, but is included only once in the fleet total. Therefore the totals for the fleet may not equal the sums of the individual flag entries. The data for 1995 are preliminary. (PS = purse seiner; BB = baitboat; JB = jigboat)

**TABLA 7.** Estimaciones del número de barcos que pescaron en el OPO en 1994 y 1995 (sin incluir palangreros y barcos pequeños diversos), y capacidad de acarreo de los mismos, en toneladas cortas, por bandera, arte de pesca, y clase de arqueo. Se incluye cada barco en los totales de cada bandera bajo la cual pescó durante el año, pero solamente una vez en el total de la flota; por consiguiente, los totales de las flotas no son necesariamente iguales a las sumas de las banderas individuales. Los datos de 1994 son preliminares. (PS = cerquero; BB = barco de carnada; JB = curricán)

Flag Bandera	Gear Arte	Size class—Clase de arqueo						Total	Capacity Capacidad	
		1	2	3	4	5	6			
1994										
NUMBER—NUMERO										
Belize	PS	-	-	1	-	-	1	2	*	
Colombia	PS	-	-	2	-	1	7	10	8,032	
Cyprus	PS	-	-	-	-	-	1	1	*	
Ecuador	PS	-	6	7	10	3	11	37	12,527	
	BB	1	-	-	-	-	-	1	*	
México	PS	1	3	5	3	2	39	53	43,458	
	BB	1	3	3	-	-	-	7	701	
New Zealand	PS	-	-	-	1	-	-	1	*	
Panamá	PS	-	-	1	2	1	1	5	2,503	
Spain	PS	-	-	-	-	-	1	1	*	
St. Vincent and the Grenadines	PS	-	-	-	-	-	2	2	*	
USA—EE.UU.	PS	-	12	4	-	2	9	27	12,442	
	BB	4	6	2	-	-	-	12	895	
Vanuatu	PS	-	-	-	-	1	17	18	18,791	
Venezuela	PS	-	-	-	-	-	20	20	22,616	
Others—Otras*	PS	-	-	-	-	-	-	-	5,398	
All flags	PS	1	21	20	16	9	99	166		
Todas las banderas	BB	6	9	5	-	-	-	20		
	All gear	7	30	25	16	9	99	186		
CAPACITY—CAPACIDAD										
All flags	PS	25	1,759	2,860	4,109	3,358	102,951		115,062	
Todas las banderas	BB	205	766	655	-	-	-		1,626	
	All gear	230	2,525	3,515	4,109	3,358	102,951		116,688	
1995										
NUMBER—NUMERO										
Belize	PS	-	-	1	-	-	4	5	*	
Colombia	PS	-	-	2	-	1	7	10	8,032	
Costa Rica	PS	-	-	-	-	-	1	1	*	
Cyprus	PS	-	-	-	-	-	1	1	*	
Ecuador	PS	-	6	9	10	4	15	44	16,994	
	BB	1	-	-	-	-	-	1	*	
México	PS	-	3	7	5	2	38	55	42,537	
	BB	1	4	3	-	-	-	8	786	
New Zealand	PS	-	-	-	1	-	-	1	*	
Panamá	PS	-	-	1	3	1	1	6	2,400	
Spain	PS	-	-	-	-	-	2	2	*	
USA—EE.UU.	PS	-	7	4	-	2	5	18	7,934	
	BB	1	6	2	-	-	-	9	810	
Vanuatu	PS	-	-	-	-	-	14	14	14,022	
Venezuela	PS	-	-	-	-	1	18	19	20,454	
Others—Otras*	PS	-	-	-	-	-	-	-	8,680	
All flags	PS	-	16	24	19	11	101	171		
Todas las banderas	BB	3	10	5	-	-	-	18		
	All gear	3	26	29	19	11	101	189		
CAPACITY—CAPACIDAD										
All flags	PS	-	1,384	3,573	4,890	4,053	102,315		116,215	
Todas las banderas	BB	120	851	655	-	-	-		1,626	
	All gear	120	2,235	4,228	4,890	4,053	102,315		117,841	

\* Asterisks indicate data pooled to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

\* Los asteriscos indican datos combinados para evitar revelar las actividades de barcos o empresas individuales.

**TABLE 8.** Catches per ton of carrying capacity by vessel size group for the EPO purse-seine fleet, by species, in the EPO and in all ocean fishing areas. The size groups, by capacity in short tons, are as follows: 1, <301; 2, 301-400; 3, 401-600; 4, 601-800; 5, 801-1000; 6, 1001-1200; 7, 1201-1400; 8, >1400. The abbreviations for the species are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; All, all species reported. The 1995 data are preliminary.

**TABLA 8.** Captura por tonelada de capacidad de acarreo y por clase de arqueo de la flota cerquera del OPO, por especie, en el OPO y en todas las zonas pesqueras oceánicas (All). Las clases de arqueo, por capacidad en toneladas cortas, son las siguientes: 1, <301; 2, 301-400; 3, 401-600; 4, 601-800; 5, 801-1000; 6, 1001-1200; 7, 1201-1400; 8, >1400. Las abreviaturas de las especies son: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete. La abreviatura "All" en la columna de "Especie" indica todas las especies informadas. Los datos de 1995 son preliminares.

Year	Species	Size group and catch area																Total	
		1		2		3		4		5		6		7		8			
		EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All		
Clase de arqueo y zona de captura																			
Año	Especie	1		2		3		4		5		6		7		8		Total	
		EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All
1985	YFT	1.4	1.4	1.1	1.1	1.2	1.2	1.6	1.6	1.4	1.6	2.1	2.1	2.1	2.1	1.3	1.6	1.9	1.9
	SKJ	2.1	2.2	1.5	1.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	1.0	1.1	0.4	0.5
	All	4.7	4.7	3.0	3.0	1.9	1.9	2.1	2.1	1.5	1.8	2.4	2.6	2.2	2.3	2.4	2.7	2.4	2.5
1986	YFT	2.1	2.1	1.8	1.8	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.7	2.7	2.1	2.1	2.4	2.4
	SKJ	2.4	2.4	2.0	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.1	0.2	0.9	0.9	0.6	0.6
	All	5.3	5.3	4.3	4.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
1987	YFT	2.0	2.0	2.2	2.2	1.2	1.4	1.8	1.8	1.5	1.5	2.2	2.3	2.4	2.4	0.9	1.1	2.1	2.1
	SKJ	2.0	2.0	3.3	3.3	1.2	1.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
	All	5.1	5.1	5.5	5.5	2.4	3.0	2.4	2.4	2.0	2.1	2.5	2.6	2.7	2.7	1.1	1.6	2.6	2.6
1988	YFT	2.8	2.8	3.3	3.3	2.0	2.0	2.2	2.2	1.5	1.5	2.1	2.1	2.1	2.1	1.1	1.2	2.1	2.1
	SKJ	1.7	1.7	1.4	1.4	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.2	0.5	0.6	0.6
	All	5.6	5.6	5.4	5.4	2.8	2.8	3.0	3.0	2.0	2.0	2.7	2.7	2.7	2.7	1.3	1.8	2.8	2.8
1989	YFT	2.0	2.0	2.4	2.4	1.9	1.9	2.0	2.0	1.5	1.5	2.5	2.6	2.6	2.6	1.6	1.9	2.3	2.4
	SKJ	2.1	2.1	2.3	2.3	1.3	1.3	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.8	0.7	0.7
	All	4.9	4.9	5.9	5.9	3.4	3.4	3.1	3.1	2.5	2.5	3.1	3.2	3.1	3.1	2.1	2.7	3.2	3.2
1990	YFT	2.0	2.0	2.3	2.3	1.2	1.2	1.6	1.6	1.1	1.1	2.6	2.6	2.3	2.4	1.8	2.0	2.2	2.2
	SKJ	2.4	2.4	2.2	2.2	1.2	1.2	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.2	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7
	All	5.6	5.6	5.4	5.4	2.9	2.9	2.6	2.6	1.7	1.7	3.1	3.2	2.5	2.8	2.2	2.4	2.9	3.1
1991	YFT	2.0	2.0	3.3	3.3	1.2	1.4	1.9	1.9	1.5	1.5	2.4	2.5	2.7	2.7	1.4	1.5	2.2	2.3
	SKJ	1.8	1.8	1.4	1.4	0.8	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6
	All	4.1	4.1	5.0	5.0	2.2	2.5	2.8	2.8	2.0	2.0	2.9	3.0	3.0	3.0	1.8	2.1	2.8	2.9
1992	YFT	1.5	1.5	2.1	2.1	0.9	0.9	1.8	1.8	1.5	1.5	2.6	2.7	3.4	3.4	1.1	1.1	2.3	2.4
	SKJ	2.1	2.1	2.1	2.1	1.2	1.2	1.1	1.1	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.9	0.9	0.8	0.8
	All	4.0	4.0	4.4	4.4	2.4	2.4	3.0	3.0	2.3	2.3	3.2	3.3	3.9	3.9	2.1	2.1	3.2	3.3
1993	YFT	2.6	2.6	2.5	2.5	1.0	1.1	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	3.0	3.0	1.3	1.4	2.2	2.3
	SKJ	2.0	2.0	1.7	1.7	1.5	1.6	1.1	1.1	0.8	0.8	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	0.8	0.9
	All	4.8	4.8	4.3	4.3	2.6	2.8	3.3	3.3	3.0	3.0	2.7	2.8	3.8	3.8	2.4	2.6	3.1	3.2
1994	YFT	2.6	2.6	2.3	2.3	1.7	1.7	1.3	1.4	1.2	1.2	2.2	2.4	2.7	2.7	1.4	1.7	2.1	2.2
	SKJ	1.1	1.1	1.5	1.5	0.6	0.6	0.8	0.8	1.0	1.0	0.5	0.5	0.7	0.7	0.6	0.8	0.7	0.7
	All	4.4	4.4	4.2	4.2	2.6	2.6	2.5	2.6	3.0	3.0	2.9	3.2	3.7	3.7	2.4	3.0	3.1	3.3
1995	YFT	1.8	1.8	2.5	2.5	0.7	0.7	1.6	1.6	1.4	1.4	2.5	2.5	2.7	2.7	1.3	1.3	2.1	2.1
	SKJ	2.2	2.2	2.6	2.6	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	1.2	1.2
	All	4.8	4.8	5.8	5.8	2.3	2.3	3.4	3.5	3.5	3.5	3.7	3.7	3.8	3.8	2.8	2.8	3.7	3.7

**TABLE 9.** Reproductive status of female skipjack tuna caught in the eastern Pacific Ocean and sampled at canneries during 1995.**TABLA 9.** La condición reproductora de atunes barrilete hembras capturados en el Océano Pacífico oriental y muestreados en plantas enlatadoras en 1995.

	Area								Total
	2	4	5	6	7	10	11	13	
Samples collected— Muestras tomadas	2	7	5	6	17	5	9	11	62
Ovaries collected— Ovarios tomados	50	149	126	150	423	125	225	275	1523
Samples processed— Muestras procesadas	1	4	2	4	13	2	9	11	46
Ovaries processed— Ovarios procesados	25	81	50	100	321	50	225	275	1127
Mature females— Hembras maduras	0	27	34	0	91	32	186	151	521
Active females— Hembras activas		23	24		78	26	159	147	457
Percent active— Porcentaje activo		85	71		86	81	85	97	88



**TABLE 10.** Sampling coverage by the IATTC and national programs during 1995 of trips by vessels of capacity >400 short tons.**TABLA 10.** Cobertura de muestreo por los programas de la CIAT y nacionales en 1995 de viajes de barcos de capacidad >400 toneladas cortas.

National fleet	Number of trips	Number of trips sampled			Percent sampled
		IATTC	National programs	Total	

Flota nacional	Número de viajes	Número de viajes muestreados			Porcentaje muestreado
		CIAT	Programas nacionales	Total	

Belize—Belice	4	4	-	4	100.0
Colombia	35	35	-	35	100.0
Costa Rica	1	1	-	1	100.0
Ecuador <sup>1</sup>	90	90	-	90	100.0
México	231	122	109	231	100.0
Panamá	4	4	-	4	100.0
United States— Estados Unidos	27	25	2	27	100.0
Vanuatu	74	74	-	74	100.0
Venezuela	79	79	-	79	100.0
Total	545	434 <sup>2</sup>	111 <sup>3</sup>	545 <sup>4</sup>	100.0

<sup>1</sup> Includes one Belize-flag, one Cyprus-flag, and two Spanish-flag vessels under Ecuadorean jurisdiction<sup>1</sup> Incluye un barco de bandera de Belice, uno de bandera de Chipre, y dos de bandera española bajo jurisdicción de Ecuador<sup>2</sup> Includes 39 trips which departed in late 1994 and ended in 1995, and 395 trips which departed in 1995<sup>2</sup> Incluye 39 viajes iniciados a fines de 1994 y terminados en 1995, y 395 viajes iniciados durante 1995<sup>3</sup> Includes 10 trips which departed in late 1994 and ended in 1995, and 101 trips which departed in 1995<sup>3</sup> Incluye 10 viajes iniciados a fines de 1994 y terminados en 1995, y 101 viajes iniciados durante 1995<sup>4</sup> Includes 49 trips which departed in late 1994 and ended in 1995, and 496 trips which departed in 1995<sup>4</sup> Incluye 49 viajes iniciados a fines de 1994 y terminados en 1995, y 496 viajes iniciados durante 1994

**TABLE 11.** Training courses held for observers during 1995.**TABLA 11.** Cursos de capacitación de observadores celebrados durante 1995.

Date	Location	Number of attendees
Fecha	Sede	Número de asistentes
January 20-February 8	Panamá, R.P.	8
May 2-19	Cartagena, Colombia	10
August 15-September 1	Manta, Ecuador	13
November 28-December 15	Panamá, R.P.	5
Total		36

**TABLE 12.** Incidental mortality of dolphins in 1995.**TABLA 12.** Mortalidad incidental de delfines en 1995.

Stock	Mortality
Stock	Mortalidad
Offshore spotted—Manchado de altamar	
Northeastern—Nororiental	1,057
Western and southern—Occidental y sureño	740
Spinner—Tornillo	
Eastern—Oriental <sup>1</sup>	677
Whitebelly—Panza blanca <sup>1</sup>	422
Common dolphin—Delfin común	
Northern—Norteño	9
Central	192
Southern—Sureño <sup>2</sup>	-
Other dolphins—Otros delfines <sup>3</sup>	177
Total	3,274

<sup>1</sup> Unidentified spinner dolphins are prorated. The estimate of eastern spinner mortality includes 15 unidentified spinner dolphins.

<sup>1</sup> Los delfines tornillo no identificados son prorrateados. La estimación de la mortalidad correspondientes a los delfines tornillo oriental incluye 15 delfines tornillo no identificados.

<sup>2</sup> No mortality was observed for this stock.

<sup>2</sup> No fue observada ninguna mortalidad para este stock.

<sup>3</sup> "Other dolphins" includes the following species and stocks, whose observed mortalities are as follows: striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*), 34; bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), 48; Central American spinner dolphins (*Stenella longirostris centroamericana*), 17; rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*), 2; Risso's dolphin (*Grampus griseus*), 1; coastal stock of spotted dolphins (*Stenella attenuata*), 14; unidentified dolphins, 61.

<sup>3</sup> "Otros delfines" incluye las siguientes especies y stocks, con las mortalidades observadas correspondientes: delfines listados (*Stenella coeruleoalba*), 34; tursiones (*Tursiops truncatus*), 48; delfines tornillos centroamericanos (*Stenella longirostris centroamericana*), 17; delfin de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), 2; delfin de Risso (*Grampus griseus*), 1; stock costero del delfin manchado (*Stenella attenuata*), 14; delfines no identificados, 61.

**TABLE 13.** Searching effort and numbers of sightings of dolphins during 1995.**TABLA 13.** Esfuerzo de búsqueda y número de avistamientos de delfines en 1995.

Species and stock	Number of sightings	Area of the stock (thousands of nm <sup>2</sup> )	Searching effort (thousands of nm)
Especie y stock	Número de avistamientos	Area del stock (miles de mn <sup>2</sup> )	
Offshore spotted—Manchado de altamar			
Northeastern—Nororiental	2,705	1658.3	241.2
Western and southern—Occidental y sureño	1,047	3552.8	223.6
Combined—Combinado	3,752	5211.1	464.7
Spinner—Tornillo			
Eastern—Oriental	1,207	2267.1	326.8
Whitebelly—Panza blanca	496	4194.9	355.2
Common—Común			
Northern—Norteño	42	615.3	64.6
Central	236	2186.8	255.0
Southern—Sureño	129	842.4	103.0

**TABLE 14.** Indices of relative abundance of dolphins for 1995. The standard errors obtained by bootstrapping are enclosed in parentheses. The estimates in the last column were obtained by prorating the unidentified spinner dolphins between eastern and whitebelly spinner dolphins.

**TABLA 14.** Índices de abundancia relativa de delfines en 1995. Los valores en paréntesis son los errores estándar obtenidos con el método de bootstrap. Se obtuvieron las estimaciones en la última columna prorrateando los delfines tornillo no identificados entre los stocks oriental y panza blanca de la especie.

Species and stock	Effective half-width of strip (nm)	Encounter rate (herds per 1000 nm)	Average herd size	Number of herds	Number of dolphins (thousands)	Number dolphins (thousands)
Especie y stock	Medio ancho efectivo de la banda (mn)	Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Tamaño promedio de las manadas	Número de manadas	Número de delfines (miles)	Número de delfines (miles)
Offshore spotted—Manchado de altamar						
Northeastern—Nororiental	3.95 (0.12)	10.19 (0.42)	426.3 (16.7)	2,141 (117)	913 (61)	
Western and southern—Occidental y sureño	3.62 (0.20)	6.57 (0.74)	625.2 (34.6)	3,222 (406)	2,015 (273)	
Combined—Combinados	3.72 (0.11)	7.61 (0.38)	584.8 (24.6)	5,327 (336)	3,115 (240)	
Spinner—Tornillo						
Eastern—Oriental	3.87 (0.19)	3.59 (0.20)	396.7 (33.2)	1,053 (84)	418 (49)	538 (83)
Whitebelly—Panza blanca	3.75 (0.23)	2.67 (0.35)	264.8 (31.5)	1,493 (191)	395 (74)	509 (81)
Total, including unidentified spinner	3.74 (0.14)	4.38 (0.29)	352.5 (23.2)	2,969 (222)	1,047 (117)	
Total, incluyendo tornillos no identificados						
Common—Común						
Northern—Norteño	2.18 (0.33)	0.65 (0.16)	607.4 (167.1)	92 (26)	56 (17)	
Central	2.02 (0.40)	0.58 (0.11)	387.3 (52.3)	316 (81)	122 (33)	
Southern—Sureño	1.95 (0.25)	1.25 (0.15)	477.4 (60.2)	270 (44)	129 (28)	

**TABLE 15.** Catches and discards of tunas, in short tons, in sets on schools associated with dolphins, free-swimming schools, and schools associated with floating objects. The numbers of sets differ from those shown in Table 4 because the values in Table 4 were obtained from the logbook data base and because many sets on free-swimming schools and floating objects were made by vessels which did not carry observers. **TABLA 15.** Capturas y descartes de atunes, en toneladas cortas, en lances sobre cardúmenes asociados con delfines, no asociados, y asociados con objetos flotantes. Los números de lances no equivalen a aquellos presentados en la Tabla 4 porque los valores en dicha tabla provienen de la base de datos de bitácora y porque muchos lances sobre objetos flotantes y cardúmenes no asociados fueron realizados por barcos que no llevaban observador.

	1993				1994			
	Dolphin	Free-swimming	Floating object	Total	Dolphin	Free-swimming	Floating object	Total
	Delfines	No asociados	Objeto flotante	Total	Delfines	No asociados	Objeto flotante	Total
<b>YELLOWFIN—ALETA AMARILLA</b>								
Observer data base—Base de datos de observadores								
Sets—Lances	2,933	3,258	886	7,077	5,325	3,274	2,292	10,891
Catch—Captura	50,682	43,871	8,560	103,113	98,875	36,864	20,194	155,933
Discards—Descartes	210	1,074	1,584	2,868	578	439	3,402	4,418
Discard/catch—Descarte/captura	0.0041	0.0245	0.1851	0.0278	0.0058	0.0119	0.1685	0.0283
Catch/set—Captura/lance	17.28	13.47	9.66	14.57	18.57	11.26	8.81	14.32
Discard/set—Descarte/lance	0.07	0.33	1.79	0.41	0.11	0.13	1.48	0.41
Eastern Pacific Ocean—Océano Pacífico oriental								
Sets—Lances	6,962	6,255	2,091	15,308	7,804	4,858	2,829	15,491
Catch—Captura	120,302	84,228	20,201	224,731	144,905	54,700	24,925	224,530
Discards—Descartes	498	2,062	3,739	6,300	847	651	4,199	5,697
<b>SKIPJACK—BARRILETE</b>								
Observer data base—Base de datos de observadores								
Sets—Lances	2,933	3,258	886	7,077	5,325	3,274	2,292	10,891
Catch—Captura	474	9,209	20,736	30,418	1,031	10,512	52,705	64,249
Discards—Descartes	53	470	4,198	4,721	26	731	9,138	9,896
Discard/catch—Descarte/captura	0.1128	0.0510	0.2024	0.1552	0.0252	0.0696	0.1734	0.1540
Catch/set—Captura/lance	0.16	2.83	23.40	4.30	0.19	3.21	23.00	5.90
Discard/set—Descarte/lance	0.02	0.14	4.74	0.67	0.00	0.22	3.99	0.91
Eastern Pacific Ocean—Océano Pacífico oriental								
Sets—Lances	6,962	6,255	2,091	15,308	7,804	4,858	2,829	15,491
Catch—Captura	1,124	17,679	48,937	67,741	1,512	15,598	65,053	82,163
Discards—Descartes	127	902	9,907	10,936	38	1,085	11,279	12,403
<b>BIGEYE—PATUDO</b>								
Observer data base—Base de datos de observadores								
Sets—Lances	2,933	3,258	886	7,077	5,325	3,274	2,292	10,891
Catch—Captura	156	1,993	3,679	5,829	156	719	25,931	26,805
Discards—Descartes	6	15	320	341	10	57	2,255	2,322
Discard/catch—Descarte/captura	0.0385	0.0077	0.0869	0.0585	0.0643	0.0794	0.0870	0.0866
Catch/set—Captura/lance	0.05	0.61	4.15	0.82	0.03	0.22	11.31	2.46
Discard/set—Descarte/lance	0.00	0.00	0.36	0.05	0.00	0.02	0.98	0.21
Eastern Pacific Ocean—Océano Pacífico oriental								
Sets—Lances	6,962	6,255	2,091	15,308	7,804	4,858	2,829	15,491
Catch—Captura	371	3,827	8,684	12,882	228	1,066	32,007	33,301
Discards—Descartes	14	29	755	798	15	85	2,783	2,883

TABLE 16. Estimates of the total bycatches and bycatches per set, in numbers of individuals, for various groups.

TABLA 16. Estimaciones de las capturas incidentales totales y por lance, en número de individuos, para varios grupos.

Group Grupo	1993		1994	
	Bycatch Captura incidental	Bycatch/set Captura incidental/lance	Bycatch Captura incidental	Bycatch/set Captura incidental/lance
<b>SETS ON DOLPHIN SCHOOLS —LANCES SOBRE DELFINES</b>				
Dolphins—Delfines	3,594	0.517	4,078	0.529
Billfishes—Peces de pico	619	0.089	488	0.063
Sharks—Tiburones	12,646	1.819	2,570	0.333
Rays—Rayas	1,075	0.155	711	0.092
Other large fishes— Otros peces grandes	474	0.068	6,292	0.816
Small fishes—Peces pequeños	28,970	4.167	18,457	2.392
Sea turtles—Tortugas marinas	64	0.009	85	0.011
Unidentified and others— No identificados y otros	11	0.002	1,244	0.161
Invertebrates—Invertebrados	305,472	43.934	621,552	80.564
<b>SETS ON FREE-SWIMMING SCHOOLS—LANCES SOBRE CARDUMENES NO ASOCIADOS</b>				
Dolphins—Delfines	0	0.000	17	0.003
Billfishes—Peces de pico	880	0.157	1,157	0.231
Sharks—Tiburones	14,632	2.608	16,357	3.271
Rays—Rayas	6,433	1.146	4,160	0.832
Other large fishes— Otros peces grandes	44,347	7.904	69,312	13.860
Small fishes—Peces pequeños	15,474	2.758	203,091	40.610
Sea turtles—Tortugas marinas	129	0.023	34	0.007
Unidentified and others— No identificados y otros	3	0.001	75	0.015
Invertebrates—Invertebrados	177,467	31.628	224,942	44.979
<b>SETS ON FLOATING-OBJECT SCHOOLS—LANCES SOBRE OBJETOS FLOTANTES</b>				
Dolphins—Delfines	7	0.003	0	0.000
Billfishes—Peces de pico	1,770	0.743	1,292	0.502
Sharks—Tiburones	47,355	19.889	27,418	10.644
Rays—Rayas	177	0.074	173	0.067
Other large fishes— Otros peces grandes	468,237	196.655	1,116,027	433.240
Small fishes—Peces pequeños	2,256,681	947.787	724,399	281.211
Sea turtles—Tortugas marinas	102	0.043	48	0.019
Unidentified and others— No identificados y otros	155	0.065	176	0.068
Invertebrates—Invertebrados	8,202	3.445	151,751	58.910

**TABLE 17.** Estimated average numbers of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, in thousands, for the X and Y cohorts during the 1967 through 1995 seasons.  
**TABLA 17.** Estimaciones del número promedio de aletas amarillas en el Océano Pacífico oriental, en miles de peces, para las cohortes X e Y entre 1967 y 1995.

Year Año	Quarter Trimestre	Cohort X							Cohort Y						
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1967	1	0	15021	10011	2117	574	263	95	0	19112	4460	1245	390	80	56
	2	0	12298	7130	1638	412	204	78	38669	13697	3082	896	287	64	46
	3	0	9388	5134	1261	301	160	63	31659	8918	2454	651	219	52	37
	4	33204	7538	4098	942	224	128	52	25918	7101	1933	470	170	42	31
1968	1	0	27185	5958	3137	692	171	104	0	21187	5561	1477	343	135	34
	2	0	22250	4099	1795	490	132	85	25291	15817	3871	1068	252	108	28
	3	0	18171	3014	1311	358	105	69	20707	10124	2783	766	192	87	23
	4	26154	14662	2406	974	268	84	57	16933	7989	2174	557	149	71	19
1969	1	0	21413	11514	1912	685	204	68	0	13635	5735	1449	403	118	58
	2	0	17426	8600	1466	451	158	55	27177	8999	3494	752	294	94	47
	3	0	13894	6876	1117	326	125	45	22251	6240	2672	493	225	76	38
	4	26932	10520	5526	781	241	100	37	18215	4633	2016	320	175	62	31
1970	1	0	22050	7218	4205	508	184	81	0	14632	2972	1399	219	138	50
	2	0	18045	4506	2880	261	143	65	27021	10483	1716	835	150	111	41
	3	0	14631	3453	2130	176	113	53	22123	7138	1322	534	114	89	33
	4	34647	11316	2654	1524	125	90	44	18096	5294	986	340	89	72	27
1971	1	0	28363	8191	1986	1083	95	72	0	14514	3805	651	195	70	59
	2	0	23047	5620	1501	766	72	59	27627	10062	2309	406	136	56	48
	3	0	18496	4384	1104	562	57	48	22619	7496	1725	270	103	45	40
	4	19755	14202	3459	725	415	45	39	18516	5909	1260	149	80	37	32
1972	1	0	16174	10643	2175	453	312	37	0	14653	4120	673	79	63	30
	2	0	13224	6572	1027	283	241	30	37055	10841	2891	309	46	50	24
	3	0	10736	4896	699	166	189	24	30337	7852	2198	152	31	40	20
	4	16531	8640	3500	431	108	151	20	24836	6195	1608	67	24	33	16
1973	1	0	13534	6888	2427	204	80	122	0	19557	4258	1078	39	19	27
	2	0	10790	5151	1296	91	62	100	69765	9436	2594	591	24	15	22
	3	0	8686	4101	910	46	49	81	57119	5329	1927	268	16	12	18
	4	46998	6914	3207	445	23	39	67	46432	3728	1452	90	12	10	15

TABLE 17. (continued)  
 TABLA 17. (continuación)

Year Año	Quarter Trimestre	Cohort X							Cohort Y						
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1981	1	0	18246	4903	1279	321	11	1	0	19620	2779	852	68	6	2
	2	0	13112	3185	893	149	5	1	31834	11507	1967	563	27	5	2
	3	0	8043	2158	599	75	4	1	25765	6008	1432	258	18	4	2
	4	24469	4405	1456	357	51	3	1	19700	3599	919	164	13	3	1
1982	1	0	19614	2769	1046	210	17	3	0	13356	2317	633	59	9	2
	2	0	12928	1909	717	126	11	2	39491	8488	1106	428	35	7	2
	3	0	7925	1462	476	69	8	2	31196	5384	807	225	23	6	2
	4	31751	5569	1149	277	39	6	1	21408	4173	542	126	15	5	1
1983	1	0	25813	4231	904	99	18	4	0	15216	3382	344	45	9	4
	2	0	19663	3105	681	43	12	3	42120	10460	2627	205	26	7	3
	3	0	13568	2373	458	24	9	3	34332	7765	1860	124	19	5	2
	4	40531	10092	1825	306	17	7	2	27329	6199	1047	75	15	4	2
1984	1	0	32878	8143	1407	154	11	6	0	21548	4888	641	43	11	4
	2	0	25803	6209	1038	79	8	5	39279	16618	3394	385	27	9	3
	3	0	18233	4893	697	35	6	4	31915	12823	2395	178	17	7	2
	4	42387	12630	3687	386	19	5	3	25992	9648	1549	81	13	6	2
1985	1	0	34703	9704	2705	166	12	4	0	21171	7183	950	37	10	5
	2	0	27769	7545	1775	76	9	3	34518	16497	4920	470	20	8	4
	3	0	22322	5469	1063	31	7	3	28022	12959	3236	188	12	6	3
	4	40408	17269	4155	574	15	6	2	22781	10158	2078	69	9	5	3
1986	1	0	32894	10682	3051	293	11	5	0	17336	7733	1288	34	7	4
	3	0	21092	6102	1069	19	6	3	32905	9670	3361	177	8	4	3
	4	52588	16317	4838	565	6	5	2	24999	6351	2236	62	6	4	2
1987	1	0	42789	12437	3659	308	3	4	0	18805	4670	1461	22	5	3
	2	0	34123	8540	2223	177	1	3	78606	13581	3007	854	9	4	2
	3	0	25754	6259	1272	74	1	3	64136	10431	2045	330	6	3	2
	4	51523	17279	4034	678	32	0	2	51643	8184	1399	151	4	2	2



TABLE 17. (continued)  
 TABLA 17. (continuación)

Year Año	Quarter Trimestre	Cohort X						Cohort Y							
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1988	1	0	42081	12649	2899	384	15	0	0	39093	6274	1001	52	3	2
	2	0	33034	8656	1972	154	9	0	49289	23213	4642	594	12	3	2
	3	0	24134	6374	1333	64	7	0	40233	16441	3438	293	5	2	1
	4	46350	17342	4440	824	33	6	0	32018	11586	2216	141	4	2	1
1989	1	0	37921	12478	3258	453	14	4	0	25108	8098	1467	56	3	1
	2	0	29572	8733	2140	217	9	4	40127	18571	5844	872	16	2	1
	3	0	22293	5998	1386	89	7	3	32787	14177	4069	408	9	2	1
	4	42657	15752	4113	835	34	5	2	26136	10537	2707	181	5	2	1
1990	1	0	34804	11531	2832	383	15	4	0	20391	7903	1730	44	3	1
	2	0	27667	7558	1840	182	9	3	48074	14075	5108	1021	18	3	1
	3	0	21587	4879	1205	71	7	3	39331	9074	3263	436	11	2	1
	4	38474	16817	3415	688	36	5	2	30893	6545	2156	193	7	2	1
1991	1	0	31466	13144	2471	346	24	4	0	22811	4926	1348	90	5	1
	2	0	24452	9327	1649	147	16	3	56626	15657	3271	736	46	4	1
	3	0	19181	6605	1036	45	9	3	46281	11511	2154	306	18	2	1
	4	31782	14425	4717	586	25	7	2	36267	8247	1500	106	13	2	1
1992	1	0	25922	11227	3274	291	17	6	0	28317	6062	890	36	9	1
	2	0	20269	8155	2044	126	11	5	45766	20558	4131	475	21	7	1
	3	0	15608	5961	1212	61	9	4	37264	13795	2913	234	13	6	1
	4	38024	11945	4303	654	28	7	3	30088	10208	2073	77	9	5	1
1993	1	0	31131	8937	3142	303	20	6	0	24291	7698	1362	22	7	4
	2	0	24594	6478	1883	132	15	5	41177	17987	5632	773	9	6	3
	3	0	18503	4964	1207	61	12	4	33584	12838	3977	436	4	5	3
	4	41074	12411	4014	754	19	9	3	26718	9806	2872	205	3	4	2
1994	1	0	33534	8864	3031	350	10	8	0	20483	7402	1380	46	2	3
	2	0	27305	6522	2108	147	7	6	35874	14783	4520	791	11	1	3
	3	0	21003	5015	1463	63	6	5	29028	11400	3118	351	4	1	2
	4	42074	16053	3843	963	24	4	4	22947	8801	2178	139	3	1	2
1995	1	0	34444	12805	2866	476	15	3	0	18346	6668	1261	28	1	1
	2	0	27943	9259	1855	233	10	3	41101	13664	4571	646	6	1	1
	3	0	21550	6840	1110	132	8	2	33166	10102	2964	292	2	1	0
	4	43011	15829	5309	593	89	6	2	26258	7799	1951	116	0	1	0

**TABLE 18.** Estimated recruitment, in thousands of fish, of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined. The initial estimates correspond to the numbers of fish at the beginning of the first month in the first year that they reach a length of about 30 cm (November for the X group and May for the Y group). The average estimates correspond to the average numbers alive during that first month; these numbers are the same as those in Table 17.

**TABLA 18.** Reclutamiento estimado, en miles de peces, de las cohortes X e Y, y de las cohortes X e Y combinadas. Las estimaciones iniciales corresponden al número de peces al principio del primer mes del primer año en el cual alcanzaron una talla de unos 30 cm (noviembre para el grupo X y mayo para el grupo Y). Las estimaciones medias corresponden al número medio vivo durante ese primer mes; estas cantidades son iguales a aquellas en la Tabla 17.

Year—Año	Initial—Inicial			Average—Promedio		
	X	Y	X + Y	X	Y	X + Y
1967	34,323	39,972	74,295	33,204	38,669	71,873
1968	27,035	26,143	53,178	26,154	25,291	51,445
1969	27,839	28,093	55,932	26,932	27,177	54,109
1970	35,815	27,932	63,747	34,647	27,021	61,668
1971	20,421	28,558	48,979	19,755	27,627	47,382
1972	17,088	38,304	55,392	16,531	37,055	53,586
1973	48,582	72,116	120,698	46,998	69,765	116,763
1974	38,070	30,198	68,268	36,825	29,213	66,038
1975	17,988	38,584	56,572	17,402	37,326	54,728
1976	19,469	29,850	49,319	18,815	28,877	47,692
1977	35,883	72,541	108,424	34,713	70,175	104,888
1978	41,591	44,579	86,170	40,232	43,050	83,282
1979	31,618	42,230	73,848	30,586	40,830	71,416
1980	23,390	44,838	68,228	22,627	43,371	65,998
1981	25,301	32,912	58,213	24,469	31,834	56,303
1982	32,833	40,827	73,660	31,751	39,491	71,242
1983	41,897	43,549	85,446	40,531	42,120	82,651
1984	43,816	40,623	84,439	42,387	39,279	81,666
1985	41,770	5,682	77,452	40,408	34,518	74,926
1986	54,387	41,802	96,189	52,588	40,439	93,027
1987	53,261	81,256	134,517	51,523	78,606	130,129
1988	47,917	50,962	98,879	46,350	49,289	95,639
1989	44,095	41,479	85,574	42,657	40,127	82,784
1990	39,781	49,694	89,475	38,474	48,074	86,548
1991	32,854	58,535	91,389	31,782	56,626	88,408
1992	39,306	47,309	86,615	38,024	45,766	83,790
1993	42,459	42,565	85,024	41,074	41,177	82,251
1994	43,495	37,083	80,578	42,074	35,874	77,948
1995	44,463	42,487	86,950	43,011	41,101	84,112
Average Promedio	36,095	43,128	79,223	34,915	4,1716	76,631

**TABLE 19.** Average weights of yellowfin during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery.

**TABLA 19.** Peso promedio de atunes aleta amarilla en cada trimestre, a partir del trimestre en el cual fueron reclutados a la pesquería.

Average weight			Average weight			Average weight		
Quarter	lbs.	kg.	Quarter	lbs.	kg.	Quarter	lbs.	kg.
Peso promedio			Peso promedio			Peso promedio		
Trimestre	lbs.	kg.	Trimestre	lbs.	kg.	Trimestre	lbs.	kg.
1	0.84	0.38	10	61.24	27.78	19	224.11	101.66
2	1.80	0.82	11	77.19	35.01	20	240.35	109.02
3	3.52	1.60	12	94.54	42.88	21	255.52	115.90
4	6.33	2.87	13	112.89	51.21	22	269.60	122.29
5	10.58	4.80	14	131.86	59.81	23	282.55	128.16
6	16.60	7.53	15	151.07	68.52	24	294.40	133.54
7	24.62	11.17	16	170.17	77.19	25	305.18	138.43
8	34.76	15.77	17	188.86	85.67	26	314.95	142.86
9	47.01	21.32	18	206.90	93.85	27	323.75	146.85

**TABLE 20.** Quotas, catches, and CPDFs (Class-6 purse seiners) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean. The quotas and catches are expressed in thousands of short tons and the CPDFs in short tons per day. The quotas apply only to the CYRA.

**TABLA 20.** Cuotas, capturas, y CPDP (cerqueros de la Clase 6) para el aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. Se expresan las cuotas y capturas en miles de toneladas cortas y las CPDP en toneladas cortas por día. Las cuotas se aplican al ARCAA solamente.

Year	CYRA		EPO			CPDF
	Quota	Surface catch	Surface catch	Longline catch	Total catch	
Año	ARCAA		OPO			CPDP
	Cuota	Captura de superficie	Captura de superficie	Captura de palangre	Captura total	
1967	84.5	88.1	88.1	11.8	99.9	6.8
1968	93.0	111.2	112.5	17.3	129.8	16.3
1969	120.0	122.8	142.0	19.6	161.6	17.1
1970	120.0	140.9	171.5	15.1	186.6	14.0
1971	140.0 + (2 x 10) <sup>1</sup>	112.6	135.4	8.1	143.5	10.2
1972	120.0 + (2 x 10)	150.5	195.2	17.1	212.3	14.5
1973	130.0 + (3 x 10)	176.7	226.3	13.5	239.8	12.6
1974	175.0 + (2 x 10)	190.9	231.9	10.4	242.3	10.1
1975	175.0 + (2 x 10)	175.1	222.8	14.1	236.9	9.1
1976	175.0 + (2 x 10)	209.7	260.5	17.1	277.6	10.1
1977	175.0 + (20 + 15)	201.4	219.2	13.4	232.6	8.0
1978	175.0 + (20 + 15)	183.0	199.0	11.4	210.4	6.8
1979	175.0 + (20 + 15)	193.9	209.1	11.1	220.2	6.0
1980	165.0 + (total of 45)	145.3	175.0	14.1	189.1	5.4
1981	165.0 + (3 x 15)	173.9	200.4	9.1	209.5	6.1
1982	160.0 + (2 x 15)	117.8	137.9	10.5	148.4	5.2
1983	170.0 + (2 x 15)	90.4	103.9	11.6	115.5	5.6
1984	162.0 + (2 x 15)	141.7	159.9	11.4	171.3	9.8
1985	174.0 + (20 + 10)	212.2	239.2	13.8	253.0	13.1
1986	175.0 + (2 x 15)	256.5	295.7	24.5	320.2	17.3
1987	none-ninguna	273.5	300.1	18.3	318.4	14.0
1988	190.0 + (2 x 30)	294.6	317.5	15.9	333.4	13.4
1989	220.0 + (2 x 30)	267.1	319.0	19.4	338.4	13.7
1990	200.0 + (5 x 20)	249.6	301.2	37.7	338.9	13.9
1991	210.0 + (4 x 20)	241.9	263.4	33.7	297.1	15.0
1992	210.0 + (4 x 20)	244.0	264.4	19.8	284.2	15.7
1993	250.0 + (4 x 25)	235.1	255.8	29.6 <sup>2</sup>	285.4 <sup>2</sup>	14.4
1994	250.0 + (4 x 25)	216.8	240.6	29.6 <sup>2</sup>	270.2 <sup>2</sup>	13.3
1995	235.0 + (3 x 20)	216.6 <sup>2</sup>	247.6 <sup>2</sup>	29.6 <sup>2</sup>	277.2 <sup>2</sup>	13.6 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> indicates two increments of 10 thousand short tons each to be added at the discretion of the Director

<sup>1</sup> señala dos incrementos de 10 mil toneladas cortas cada uno, que se pueden añadir a discreción del Director

<sup>2</sup> preliminary estimates

<sup>2</sup> estimaciones preliminares

**TABLE 21.** Annual catches of bigeye tuna, in thousands of short tons. ROC and ROK stand for Republic of China and Republic of Korea, respectively.**TABLA 21.** Capturas anuales de atún patudo, en miles de toneladas cortas. ROC y ROK significan República de China y República de Corea, respectivamente.

Year	Eastern Pacific Ocean					Total	Western Pacific Ocean <sup>3</sup>	Total Pacific Ocean <sup>4</sup>	Atlantic and Indian Oceans <sup>4</sup>	Total <sup>4</sup>
	Surface <sup>1</sup>	Longline								
		Japan <sup>2</sup>	ROC <sup>2</sup>	ROK <sup>2</sup>	Total					
Año	Océano Pacífico oriental					Total	Océano Pacífico occidental <sup>3</sup>	Total Océano Pacífico <sup>4</sup>	Océanos Atlántico e Índico <sup>4</sup>	Total <sup>4</sup>
Superficie <sup>1</sup>	Palangre									
	Japón <sup>2</sup>	ROC <sup>2</sup>	ROK <sup>2</sup>	Total						
1954	0.3	1.7	*	*	1.7	2.0	*	*	*	*
1955	0.1	2.0	*	*	2.0	2.1	*	*	*	*
1956	0.0	2.6	*	*	2.6	2.6	*	*	*	*
1957	0.1	10.5	*	*	10.5	10.6	*	*	*	*
1958	0.3	11.4	*	*	11.4	11.7	*	*	*	84.7
1959	0.2	12.4	*	*	12.4	12.6	*	*	*	84.7
1960	0.2	19.1	*	*	19.1	19.3	*	*	*	82.5
1961	0.2	56.6	*	*	56.6	56.9	*	*	*	128.7
1962	0.4	48.7	*	*	48.7	49.0	*	*	*	143.0
1963	0.1	72.0	*	*	72.0	72.0	*	*	*	147.4
1964	0.1	50.0	*	*	50.0	50.1	41.9	92.3	42.8	135.1
1965	0.1	31.5	*	*	31.5	31.6	44.3	75.9	50.9	126.9
1966	0.3	37.6	*	*	37.6	37.8	47.2	85.0	47.5	132.5
1967	1.8	37.7	*	*	37.7	39.5	50.4	89.9	54.6	144.5
1968	2.8	37.3	*	*	37.3	40.1	33.8	73.9	64.2	138.0
1969	0.6	56.0	*	*	56.0	56.6	31.3	87.9	68.2	156.1
1970	1.5	35.1	*	*	35.1	36.6	47.2	83.8	62.7	146.5
1971	2.8	32.2	*	*	32.2	35.0	39.7	74.7	75.6	150.4
1972	2.5	38.3	*	*	38.3	40.7	57.3	98.0	69.2	167.1
1973	2.2	56.2	*	*	56.2	58.4	40.0	98.4	72.0	170.4
1974	1.0	38.9	*	*	38.9	39.9	58.6	98.5	93.6	192.2
1975	4.1	45.4	*	0.7	46.1	50.2	62.7	112.9	97.5	210.4
1976	11.2	54.6	0.5	1.2	56.3	67.5	72.0	139.5	64.3	203.8
1977	7.8	74.3	0.4	3.7	78.3	86.1	72.6	158.7	76.8	235.5
1978	12.9	74.2	0.3	3.4	77.8	90.7	39.3	130.0	99.2	229.2
1979	8.3	60.6	0.2	0.9	61.7	70.0	68.9	138.9	73.7	212.6
1980	17.0	61.3	0.7	2.2	64.2	81.2	64.0	145.2	73.4	218.6
1981	11.1	49.8	0.6	3.0	53.3	64.4	50.5	114.9	107.5	222.4
1982	4.5	45.6	0.1	2.7	48.4	52.9	67.7	120.6	123.1	243.7
1983	3.6	81.7	0.1	4.6	86.5	90.1	32.7	122.8	114.3	237.0
1984	6.5	70.7	0.1	2.9	73.6	80.2	33.6	113.8	115.0	228.8
1985	5.0	72.5	0.1	5.4	78.0	83.0	54.0	137.0	129.7	266.8
1986	2.1	106.5	0.1	11.8	118.4	120.5	45.1	165.6	117.5	283.2
1987	0.9	101.0	0.4	11.1	112.5	113.3	50.6	163.9	110.2	274.1
1988	1.2	74.6	0.6	6.4	81.5	82.6	50.4	133.0	121.5	254.6
1989	1.6	83.7	0.8	3.5	88.0	89.6	49.3	138.9	125.1	264.1
1990	5.2	96.3	0.5	13.4	110.2	115.4	63.8	179.2	122.3	301.6
1991	4.1	95.8	0.5	25.6	121.9	126.1	32.8	158.9	129.5	288.3
1992	6.1	81.7	0.9	9.7	92.3	98.3	76.6	174.9	124.0	298.8
1993**	8.9	*	*	*	*	*	*	147.3	163.0	310.3
1994**	32.0	*	*	*	*	*	*	136.6	186.8	323.4
1995**	36.5	*	*	*	*	*	*	*	*	*

<sup>1</sup> Source: Table 1—Fuente: Tabla 1<sup>2</sup> Sources: published and unpublished data from the National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japan, Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC, and National Fisheries Research and Development Agency, Republic of Korea. The data were converted from numbers of fish to weight in short tons with the average weight data in Table 22—Fuentes: datos publicados e inéditos del National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu (Japón), Instituto de Oceanografía, Universidad Nacional de Taiwan, Taipei (Taiwan), y la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, República de Corea. Se convirtieron los datos de números de peces a peso en toneladas cortas usando los datos de peso promedio en la Tabla 22.<sup>3</sup> Total Pacific Ocean minus eastern Pacific Ocean—Total del Océano Pacífico menos el Océano Pacífico oriental<sup>4</sup> Source: Yearbooks of fisheries statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations—Fuente: Compendios anuales de estadísticas pesqueras de la Organización para la Agricultura y el Alimento de las Naciones Unidas

\* not available—no disponible

\*\* preliminary—preliminar

**TABLE 22.** Catches of bigeye tuna by longline gear in the eastern Pacific Ocean, and average weights of the fish.  
**TABLA 22.** Capturas de atún patudo con palangre en el Océano Pacífico oriental, y pesos promedio del pescado.

Year	Catch in numbers of fish			Catch in short tons			Average weight in pounds (7)
	Japan (1)	Other (2)	Total (3)	Japan (4)	Other (5)	Total (6)	
Año	Captura en número de pescados			Captura en toneladas cortas			Peso promedio en libras (7)
	Japón (1)	Otros (2)	Total (3)	Japón (4)	Otros (5)	Total (6)	
1971	526836	0	526836	32158	0	32158	122.08
1972	650240	0	650240	38250	0	38250	117.65
1973	886464	0	886464	56171	0	56171	126.73
1974	678216	0	678216	38933	0	38933	114.81
1975	792340	11796	804136	45405	676	46081	114.61
1976	974674	30877	1005551	54591	1729	56321	112.02
1977	1296738	70700	1367438	74297	4051	78347	114.59
1978	1261057	61513	1322570	74163	3618	77780	117.62
1979	1250050	23605	1273655	60590	1144	61734	96.94
1980	1122300	53365	1175665	61300	2915	64215	109.24
1981	981725	69269	1050994	49793	3513	53306	101.44
1982	1061288	65677	1126965	45561	2820	48381	85.86
1983	1193849	69637	1263486	81695	4765	86460	136.86
1984	1027340	43218	1070558	70660	2973	73633	137.56
1985	1378671	103230	1481901	72539	5431	77970	105.23
1986	1865733	208694	2074427	106468	11909	118377	114.13
1987	1619020	184659	1803679	100970	11516	112486	124.73
1988	1187317	110392	1297709	74552	6932	81483	125.58
1989	1321219	67843	1389062	83673	4296	87969	126.66
1990	1604247	231141	1835388	96295	13874	110169	120.05
1991	1496669	407990	1904659	95817	26120	121936	128.04
1992	1263877	164166	1428043	81678	10609	92287	129.25

(1) from data supplied by the NRISF of Japan—de datos proporcionados por el NRISF del Japón

(2) from data supplied by the TRC of the ROC and the NFRDA of the ROK—de datos proporcionados por el TRC de la ROC y el NFRDA de la ROK

(3) Column 1 + Column 2

(4) (Column 1 x Column 7)/2,000

(5) (Column 2 x Column 7)/2,000

(6) Column 4 + Column 5

(7) calculated from NRISF data bases—calculados con las bases de datos del NRISF

**TABLE 23.** Catches of bigeye tuna by surface gear in the eastern Pacific Ocean, and average weights of the fish. The latter were obtained from length-frequency data and the weight-length equation  $w = 8.071 \times 10^{-5}l^{2.90182}$ , where  $w$  = weight in pounds and  $l$  = length in centimeters.

**TABLA 23.** Capturas de atunes patudo con artes de superficie en el Océano Pacífico oriental, y pesos promedio de los pescados. Se obtuvieron los pesos de los datos de frecuencia de talla y la ecuación peso-talla  $w = 8,071 \times 10^{-5}l^{2,90182}$ , donde  $w$  = peso en libras y  $l$  = talla en centímetros.

Year	Catch in numbers of fish	Catch in short tons	Average weight in pounds
	(1)	(2)	(3)
Año	Captura en número de pescados	Captura en toneladas cortas	Peso promedio en libras
	(1)	(2)	(3)
1971	157298	2829	35.97
1972	137208	2467	35.96
1973	121301	2181	35.96
1974	54530	981	35.98
1975	178863	4104	45.89
1976	504856	11228	44.48
1977	749952	7777	20.74
1978	881065	12912	29.31
1979	406810	8303	40.82
1980	1003483	16999	33.88
1981	596941	11124	37.27
1982	359317	4522	25.17
1983	191627	3593	37.50
1984	369557	6543	35.41
1985	169528	4996	58.94
1986	75220	2137	56.82
1987	55574	855	30.77
1988	129648	1161	17.91
1989	123364	1621	26.28
1990	230333	5194	45.10
1991	188219	4122	43.80
1992	156954	6060	77.22
1993	421764	8895	42.18
1994	2446007	32006	26.17
1995	2817459	36472	25.89

(1) (Column 2 x 2,000)/Column 3

(2) from Table 21—de Tabla 21

(3) from IATTC data base—de la base de datos de la CIAT

**TABLE 24.** Catches of bigeye tuna by all types of gear in the eastern Pacific Ocean, and average weights of the fish.**TABLA 24.** Capturas de atún patudo por todos tipos de artes de pesca en el Océano Pacífico oriental, y pesos promedios de los pescados.

Year	Catch in numbers of fish	Catch in short tons	Average weight in pounds
	(1)	(2)	(3)
Año	Captura en número de pescados	Captura en toneladas cortas	Peso promedio en libras
	(1)	(2)	(3)
1971	684134	34987	102.3
1972	787448	40717	103.4
1973	1007765	58352	115.8
1974	732746	39914	108.9
1975	982999	50185	102.1
1976	1510407	67549	89.4
1977	2117390	86124	81.3
1978	2203635	90692	82.3
1979	1680465	70037	83.4
1980	2179148	81214	74.5
1981	1647935	64430	78.2
1982	1486282	52903	71.2
1983	1455113	90053	123.8
1984	1440115	80176	111.3
1985	1651429	82966	100.5
1986	2149647	120514	112.1
1987	1859253	113341	121.9
1988	1427357	82644	115.8
1989	1512426	89590	118.5
1990	2065721	115363	111.7
1991	2092878	126058	120.5
1992	1584997	98347	124.1
1993*	1921718	102952	107.1
1994*	3696642	122798	66.4
1995*	4021872	126702	63.0

(1) (Table 22, Column 1) + (Table 23, Column 1)

(2) (Table 22, Column 2) + (Table 23, Column 2)

(3) (Column 2 x 2,000)/Column 1

\* preliminary—preliminar



**TABLE 25a.** Average population of bigeye tuna of ages 0-9, in thousands of fish, during July, for M = 0.4.  
**TABLA 25a.** Población promedio de atunes patudo de 0 a 9 años de edad, en miles de peces, durante julio, con M = 0.4.

Year Año	X cohort—Cohorte X										Y cohort—Cohorte Y									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971	3509	2442	1342	875	630	313	138	84	61	44	3724	1413	1236	756	552	235	84	119	51	19
1972	3735	2332	1612	764	481	372	184	77	52	40	3255	2484	921	761	448	332	136	48	78	34
1973	4079	2486	1533	977	396	249	208	100	46	34	3078	2169	1625	548	361	239	188	80	28	52
1974	4299	2723	1643	898	579	198	126	123	62	29	3287	2054	1424	1027	308	179	134	119	51	18
1975	3939	2875	1765	1014	493	314	95	72	80	40	3532	2196	1295	851	592	180	99	81	78	34
1976	4530	2618	1835	955	508	267	173	46	42	52	3222	2355	1395	734	450	343	95	57	50	52
1977	4318	2880	1720	1004	517	239	127	69	19	25	4008	2147	1397	774	299	230	186	51	31	32
1978	5237	2814	1793	931	469	252	107	63	31	8	3387	2580	1374	763	318	125	117	108	26	20
1979	5362	3491	1659	909	483	221	105	49	35	19	3792	2168	1303	756	405	140	49	62	68	16
1980	4064	3548	2268	987	359	249	104	40	26	21	3726	2497	1311	656	355	221	37	18	37	44
1981	4440	2539	2236	1074	470	188	134	63	25	16	2948	2428	1533	667	330	188	111	19	11	24
1982	6850	2932	1663	1100	591	255	99	74	38	16	4657	1963	1413	841	358	186	95	63	11	6
1983	5685	4488	1878	955	564	296	108	27	40	24	5608	3073	1230	774	428	153	68	45	37	7
1984	4789	3752	2976	1190	534	258	115	36	7	24	4688	3718	2024	744	346	154	45	15	19	24
1985	4470	3209	2473	1795	629	258	117	37	13	2	3458	3129	2292	1153	382	158	56	17	3	12
1986	5197	2995	2105	1519	864	299	113	38	9	6	3901	2314	1988	1175	534	166	63	19	5	1
1987	6060	3483	1972	1175	869	315	98	34	9	2	4647	2609	1477	1081	567	201	46	18	3	1
1988	4689	4051	2313	1164	643	437	102	29	11	1	4302	3098	1699	899	537	219	66	11	6	1
1989	4453	3142	2650	1418	655	331	169	33	6	2	3718	2847	2013	1043	492	225	77	25	3	2
1990	4243	2980	2074	1567	801	330	139	49	9	1	3759	2431	1802	1148	533	225	80	29	6	1
1991	4749	2748	1960	1167	810	353	111	35	10	1	3354	2474	1570	973	561	203	59	15	5	1
1992	4177	3172	1797	1148	640	334	113	31	9	2	2952	2242	1602	911	481	209	69	17	3	1
1993	4808	2771	2105	1062	597	297	116	35	9	1	3616	1957	1461	926	438	196	66	19	4	1
1994	4360	3098	1734	1204	540	246	87	29	8	1	3880	2376	1229	759	455	161	56	17	4	1
1995	4185	1876	1603	742	561	212	64	14	5	1	3732	2260	1358	507	278	177	38	12	3	1

**TABLE 25b.** Average population of bigeye tuna of ages 0-9, in thousands of fish, during July, for M = 0.6.  
**TABLA 25b.** Población promedio de atunes patudo de 0 a 9 años de edad, en miles de peces, durante julio, con M = 0,6.

Year Año	X cohort—Cohorte X										Y cohort—Cohorte Y									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971	11548	6749	2858	1564	1035	422	181	99	56	29	9886	4005	2634	1113	878	340	118	106	41	16
1972	13682	6319	3681	1445	763	523	209	86	51	30	11586	5414	2174	1384	558	447	167	58	57	22
1973	14220	7492	3440	1925	687	351	248	93	41	27	8912	6348	2934	1129	624	250	214	81	28	31
1974	15261	7793	4091	1770	988	316	156	122	47	21	9294	4883	3456	1554	566	287	114	111	42	14
1975	15383	8370	4219	2165	873	474	139	74	65	24	11560	5094	2603	1798	766	288	139	54	60	23
1976	11660	8422	4508	2107	1032	422	227	61	36	34	9946	6333	2725	1306	877	372	134	68	26	33
1977	12885	6257	4589	2268	1044	474	184	82	23	16	9546	5447	3308	1347	542	416	164	62	31	13
1978	13927	6998	3312	2317	1062	488	212	81	32	9	8431	5145	2930	1655	557	229	195	74	27	16
1979	13916	7626	3636	1549	1145	500	212	96	38	15	9517	4540	2437	1458	814	241	94	92	37	14
1980	11548	7595	4120	1884	624	559	234	88	47	19	9252	5183	2365	1140	663	400	80	39	46	19
1981	12529	6168	4041	1866	856	296	276	122	47	25	7894	5015	2716	1109	528	318	185	39	20	25
1982	18156	6835	3349	1858	908	415	139	138	64	25	12304	4320	2558	1321	529	258	147	91	20	10
1983	17099	9870	3671	1694	865	406	169	40	67	34	13815	6707	2293	1253	600	209	89	64	46	11
1984	13863	9328	5386	1952	831	366	147	60	12	34	12022	7544	3649	1186	528	209	64	22	24	24
1985	13158	7607	5080	2772	915	367	150	45	23	4	9618	6585	3956	1812	546	223	73	23	5	12
1986	15047	7220	4130	2662	1212	390	147	46	10	11	10542	5274	3513	1837	776	217	84	23	7	2
1987	16353	8258	3929	2056	1326	425	123	43	10	2	11878	5780	2827	1695	806	285	61	24	4	2
1988	12744	8965	4511	2012	999	596	136	34	13	2	10656	6503	3126	1467	763	296	95	16	8	1
1989	13043	6993	4863	2356	990	455	214	43	6	3	9706	5816	3510	1626	704	295	100	34	4	3
1990	12917	7154	3808	2476	1158	444	174	60	12	1	10837	5275	3095	1740	742	289	98	34	9	1
1991	15920	7003	3891	1888	1141	470	143	43	13	2	8869	5905	2839	1483	766	267	76	19	6	3
1992	12465	8726	3800	1983	909	440	146	40	11	2	9940	4861	3189	1428	661	270	86	22	4	1
1993	17000	6812	4769	1954	933	379	144	43	10	2	10006	5434	2629	1612	628	248	82	23	5	1
1994	16360	9213	3626	2428	917	373	106	35	10	2	11241	5447	2905	1238	736	225	69	21	5	1
1995	13166	8029	4626	1611	1109	368	114	19	6	2	9243	5859	2774	1304	472	288	60	14	3	1

**TABLE 25c.** Average population of bigeye tuna of ages 0-9, in thousands of fish, during July, for M = 0.8.**TABLA 25c.** Población promedio de atunes patudo de 0 a 9 años de edad, en miles de peces, durante julio, con M = 0,8.

Year Año	X cohort—Cohorte X										Y cohort—Cohorte Y									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971	41907	22622	7605	3196	1899	797	290	141	63	25	33052	16287	7655	1912	2049	751	219	152	58	19
1972	49171	18813	10145	3304	1349	812	337	117	60	28	38458	14841	7297	3382	811	889	320	92	67	26
1973	50625	22079	8428	4470	1388	544	329	132	48	26	33467	17271	6634	3219	1397	313	370	134	38	30
1974	52620	22738	9901	3680	1946	569	212	135	56	20	29589	15031	7735	2929	1398	578	120	161	58	16
1975	57172	23638	10161	4375	1564	813	225	85	59	24	34095	13289	6682	3381	1238	608	244	47	71	26
1976	36996	25670	10542	4375	1824	651	335	87	34	25	36378	15310	5906	2890	1419	512	252	102	18	32
1977	46463	16495	11503	4549	1864	735	249	112	30	12	34002	16335	6723	2516	1140	578	193	103	40	7
1978	43802	20810	7303	4985	1879	760	287	94	39	10	26554	15196	7285	2873	965	450	229	72	39	17
1979	43240	19667	9166	3035	2126	770	292	110	36	16	27930	11858	6476	3136	1206	376	174	90	29	17
1980	39307	19390	8776	4018	1158	891	310	105	44	14	28011	12513	5214	2731	1285	499	121	66	36	12
1981	39578	17506	8598	3594	1639	479	372	134	46	19	24250	12529	5505	2175	1139	536	192	50	28	16
1982	55277	17745	7832	3539	1510	687	195	155	57	20	38362	10885	5453	2319	907	483	216	77	21	12
1983	57947	24751	7900	3389	1450	592	254	54	62	25	39194	17196	4819	2318	926	331	168	81	31	10
1984	46438	25984	11094	3493	1431	553	198	84	15	25	35030	17575	7698	2101	893	308	104	51	27	13
1985	43949	20865	11639	4815	1423	563	203	57	29	5	29924	15727	7727	3280	849	341	100	36	17	11
1986	49151	19747	9332	5114	1880	538	203	58	12	11	31996	13442	6974	3164	1273	305	118	30	11	7
1987	50892	22084	8841	4004	2176	626	159	57	13	2	33838	14371	5979	2916	1235	444	85	33	6	3
1988	39784	22858	9904	3840	1683	858	194	42	17	2	29203	15189	6414	2608	1161	422	145	22	10	2
1989	45061	17875	10221	4341	1622	670	282	59	8	3	27785	13094	6771	2798	1079	409	134	49	6	3
1990	46009	20243	8004	4414	1828	637	232	75	16	1	35006	12440	5794	2868	1121	395	125	41	13	2
1991	49917	20596	9063	3413	1785	672	194	56	15	3	26315	15690	5538	2406	1118	377	102	25	7	4
1992	41082	22419	9213	3931	1420	636	201	52	14	3	35608	11819	7002	2368	944	366	114	28	5	1
1993	52407	18432	10054	4018	1626	528	197	56	13	3	31200	15979	5274	3018	923	320	104	30	7	1
1994	57678	23439	8178	4343	1664	606	145	49	13	2	35422	13978	7107	2179	1222	306	83	25	6	1
1995	47123	25053	10141	3333	1748	625	189	29	10	3	29800	15634	6084	2927	791	443	80	16	4	2

**TABLE 26.** Estimates of average annual  $F$  (longline and surface-fishing vessels combined) for bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean.**TABLA 26.** Estimaciones de  $F$  promedio anual (barcos palangreros y de superficie combinados) para el atún patudo en el Océano Pacífico oriental.

$M = 0.4$								
Age Edad	X cohort—Cohorte X				Y cohort—Cohorte Y			
	1971-79	1980-87	1988-93	1994-95	1971-79	1980-87	1988-93	1994-95
0	0.0073	0.0129	0.0126	0.2519	0.0106	0.0041	0.0074	0.0549
1	0.0292	0.0204	0.0149	0.3168	0.0345	0.0292	0.0168	0.1035
2	0.0780	0.0969	0.0595	0.2421	0.0954	0.1150	0.0760	0.2127
3	0.2059	0.1623	0.1779	0.3346	0.1933	0.2389	0.2190	0.5227
4	0.2420	0.3187	0.2479	0.3664	0.2864	0.3469	0.3125	0.4871
5	0.2743	0.3790	0.4169	0.5843	0.2687	0.4663	0.6440	0.6891
6	0.3012	0.4882	0.7512	1.1056	0.2170	0.6638	0.7679	1.1395
7	0.2288	0.6663	0.9183	1.5556	0.1317	0.6218	1.0454	1.3444
8	0.1462	0.5730	1.2483	1.7198	0.0749	0.5210	1.1580	1.4492
9	0.0843	0.3811	1.9118	1.6731	0.0219	0.1863	1.0656	1.2586

$M = 0.6$								
Age Edad	X cohort—Cohorte X				Y cohort—Cohorte Y			
	1971-79	1980-87	1988-93	1994-95	1971-79	1980-87	1988-93	1994-95
0	0.0025	0.0048	0.0040	0.0701	0.0041	0.0016	0.0027	0.0198
1	0.0121	0.0088	0.0060	0.0790	0.0155	0.0136	0.0071	0.0409
2	0.0350	0.0503	0.0293	0.0971	0.0478	0.0627	0.0415	0.0952
3	0.1072	0.0931	0.1036	0.1567	0.1134	0.1466	0.1363	0.2493
4	0.1454	0.2015	0.1655	0.1977	0.1998	0.2297	0.2205	0.2921
5	0.2087	0.2602	0.3105	0.3593	0.2407	0.3296	0.4910	0.4606
6	0.3000	0.3446	0.5876	0.7619	0.2615	0.4621	0.6008	0.8244
7	0.3556	0.4764	0.7411	1.2642	0.2655	0.4449	0.8265	1.1164
8	0.3429	0.4245	1.0376	1.4370	0.2308	0.3542	0.8644	1.1803
9	0.3688	0.2924	1.5638	1.3300	0.1281	0.1160	0.7529	0.9793

$M = 0.8$								
Age Edad	X cohort—Cohorte X				Y cohort—Cohorte Y			
	1971-79	1980-87	1988-93	1994-95	1971-79	1980-87	1988-93	1994-95
0	0.0007	0.0015	0.0012	0.0204	0.0012	0.0005	0.0009	0.0061
1	0.0042	0.0032	0.0022	0.0263	0.0053	0.0054	0.0028	0.0153
2	0.0137	0.0225	0.0131	0.0427	0.0185	0.0295	0.0206	0.0405
3	0.0476	0.0479	0.0538	0.0789	0.0495	0.0777	0.0788	0.1251
4	0.0669	0.1177	0.1003	0.1154	0.0881	0.1366	0.1466	0.1733
5	0.0983	0.1728	0.2139	0.2146	0.1050	0.2157	0.3554	0.3185
6	0.1384	0.2502	0.4301	0.5134	0.1052	0.3076	0.4482	0.6481
7	0.1399	0.3651	0.5705	0.8712	0.1006	0.2991	0.6306	0.9501
8	0.1190	0.3498	0.8258	0.9822	0.0660	0.2325	0.6605	0.9158
9	0.0986	0.2561	1.1960	0.9922	0.0383	0.0777	0.5806	0.7803

**TABLE 27.** Average sizes of bigeye tuna at various ages. The ages are expressed as months after recruitment, rather than months after hatching.

**TABLA 27.** Tamaño medio de atunes patudo a varias edades. Se expresan las edades en meses desde el reclutamiento, no desde la cría.

Month		Average length (cm)	Average weight (lbs)	Age in months
X cohort	Y cohort			
Mes		Talla promedio (cm)	Peso promedio (lbs)	Edad en meses
Cohorte X	Cohorte Y			
July	January	32.7	2.00	0.5
October	April	42.4	4.27	3.5
January	July	48.4	6.25	6.5
April	October	54.7	8.92	9.5
July	January	60.3	11.86	12.5
October	April	66.1	15.45	15.5
January	July	73.1	20.69	18.5
April	October	80.4	27.27	21.5
July	January	88.2	35.73	24.5
October	April	96.0	45.55	27.5
January	July	103.6	56.98	30.5
April	October	110.4	68.52	33.5
July	January	117.1	81.19	36.5
October	April	123.0	93.53	39.5
January	July	128.5	106.43	42.5
April	October	133.5	118.77	45.5
July	January	138.1	131.17	48.5
October	April	141.9	141.77	51.5
January	July	145.6	152.77	54.5
April	October	148.7	162.40	57.5
July	January	151.8	172.58	60.5
October	April	154.9	182.67	63.5
January	July	158.0	193.66	66.5
April	October	160.9	204.15	69.5
July	January	163.8	215.20	72.5
October	April	166.5	225.46	75.5
January	July	168.9	234.82	78.5
April	October	171.2	244.43	81.5
July	January	173.5	253.87	84.5
October	April	175.7	263.76	87.5
January	July	178.0	273.46	90.5
April	October	180.3	284.07	93.5
July	January	182.3	293.31	96.5
October	April	184.4	303.22	99.5
January	July	186.3	312.38	102.5
April	October	188.3	321.96	105.5
July	January	192.5	343.51	108.5
October	April	195.0	356.61	111.5
January	July	196.7	365.70	114.5
April	October	198.1	373.10	117.5

TABLE 28. Yields per recruit of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean.  
 TABLA 28. Rendimientos por recluta de atún patudo en el Océano Pacífico oriental.

Year	X cohort									Y cohort								
	Catch			M = 0.4		M = 0.6		M = 0.8		Catch			M = 0.4		M = 0.6		M = 0.8	
	No.	Tons	Ave. wgt.	No. rec.	YPR	No. rec.	YPR	No. rec.	YPR	No.	Tons	Ave. wgt.	No. rec.	YPR	No. rec.	YPR	No. rec.	YPR
Año	Cohorte X									Cohorte Y								
	Captura			M = 0.4		M = 0.6		M = 0.8		Captura			M = 0.4		M = 0.6		M = 0.8	
	No.	Ton.	Peso pro.	No. rec.	RPR	No. rec.	RPR	No. rec.	RPR	No.	Ton.	Peso pro.	No. rec.	RPR	No. rec.	RPR	No. rec.	RPR
1971	5344	27345	102.3	3568	15.33	11839	4.62	43319	1.26	4060	25072	123.5	4626	10.84	13683	3.66	50971	0.98
1972	5922	32899	111.1	3798	17.32	14027	4.69	50828	1.29	4752	29675	124.9	4043	14.68	16036	3.70	59308	1.00
1973	7449	37149	99.7	4147	17.92	14578	5.10	52331	1.42	6644	36909	111.1	3825	19.30	12336	5.98	51612	1.43
1974	8351	35303	84.5	4371	16.15	15645	4.51	54393	1.30	7103	39527	111.3	4082	19.37	12863	6.15	45630	1.73
1975	6745	30663	90.9	4005	15.31	15771	3.89	59099	1.04	6967	32526	93.4	4389	14.82	16001	4.07	52581	1.24
1976	11951	42299	70.8	4606	18.37	11954	7.08	38243	2.21	6198	33964	109.6	4001	16.98	13765	4.93	56098	1.21
1977	9696	38129	78.6	4391	17.37	13210	5.77	48029	1.59	12236	44947	73.5	4978	18.06	13211	6.80	52435	1.71
1978	11444	49363	86.3	5325	18.54	14278	6.91	45278	2.18	9220	38792	84.1	4224	18.37	11688	6.64	40971	1.89
1979	12408	49889	80.4	5452	18.30	14267	6.99	44697	2.23	8740	45520	104.2	4709	19.33	13171	6.91	43071	2.11
1980	8644	37132	85.9	4132	17.97	11839	6.27	40632	1.83	9703	43464	89.6	4632	18.77	12810	6.79	43202	2.01
1981	7842	43969	112.1	4515	19.48	12845	6.85	40912	2.15	6055	35476	117.2	3682	19.27	10946	6.48	37420	1.90
1982	13398	70530	105.3	6965	20.25	18614	7.58	57140	2.47	9577	57619	120.3	5795	19.88	17040	6.76	59173	1.95
1983	9135	54675	119.7	5781	18.92	17530	6.24	59900	1.83	13140	68859	104.8	6964	19.77	19118	7.20	60442	2.28
1984	8460	46517	110.0	4869	19.11	14213	6.55	48003	1.94	9870	57263	116.0	5822	19.67	16637	6.88	54020	2.12
1985	7247	43687	120.6	4545	19.23	13490	6.48	45430	1.92	6105	41010	134.3	4294	19.10	13310	6.16	46145	1.78
1986	8320	51965	124.9	5284	19.67	15426	6.74	50807	2.05	7029	47476	135.1	4844	19.60	14589	6.51	49341	1.92

**TABLE 29.** Catches of bigeye tuna (in numbers of fish), effort (in numbers of hooks), and CPUEs (in fish per 1,000 hooks) in the eastern Pacific Ocean.

**TABLA 29.** Capturas de atunes patudo (en número de pescados), esfuerzo (en número de anzuelos), y CPUE (en pescados por 1.000 anzuelos) en el Océano Pacífico oriental.

Year	Catch		Effort		CPUE
	Japanese longline (1)	Total, all gear (2)	Japanese longline (3)	Total, all gear (4)	
Año	Captura		Esfuerzo		CPUE
	Palangres japoneses (1)	Todas las artes (2)	Palangres japoneses (3)	Todas las artes (4)	
1971	526836	684134	66761264	86694248	7.891343
1972	650240	787448	78239624	94749070	8.310878
1973	886464	1007765	107227256	121899903	8.267152
1974	678216	732746	89205088	96377366	7.602885
1975	792340	982999	86133904	106860112	9.198933
1976	974674	1510407	117300712	181775462	8.309191
1977	1296738	2117390	132874944	216966016	9.759086
1978	1261057	2203635	140006144	244653841	9.007155
1979	1250050	1680465	137768784	185205087	9.073536
1980	1122300	2179148	138140800	268225295	8.124320
1981	981725	1647935	131275104	220359916	7.478379
1982	1061288	1486282	116199848	162732211	9.133299
1983	1193849	1455113	127176160	155007613	9.387365
1984	1027340	1440115	119635456	167703793	8.587254
1985	1378671	1651429	106757808	127878907	12.914006
1986	1865733	2149647	160552528	184984272	11.620701
1987	1619020	1859253	188392544	216346557	8.593865
1988	1187317	1427357	182694224	219629534	6.498930
1989	1321219	1512426	170373088	195029505	7.754857
1990	1604247	2065721	178419456	229743186	8.991435
1991	1496669	2092878	200364704	280181444	7.469724
1992	1263877	1584997	185795984	233002165	6.802499

(1) from—de: Table 22, Column 1

(2) from—de: Table 24, Column 1

(3) from data supplied by the NRIFS of Japan—de datos proporcionados por el NRIFS del Japón

(4) (Column 2 x Column 3)/(Column 1)

(5) (Column 1 x 1,000)/(Column 3)

**TABLE 30.** Catches of bigeye tuna (in tons), effort (in numbers of hooks), and CPUEs (in tons per 1,000 hooks) in the eastern Pacific Ocean.

**TABLA 30.** Capturas de atunes patudo (en toneladas), esfuerzo (en número de anzuelos), y CPUE (en toneladas por 1.000 anzuelos) en el Océano Pacífico oriental.

Year	Catch		Effort		CPUE
	Japanese longline (1)	Total, all gear (2)	Japanese longline (3)	Total, all gear (4)	
Año	Captura		Esfuerzo		CPUE
	Palangres japoneses (1)	Todas las artes (2)	Palangres japoneses (3)	Todas las artes (4)	
1971	32158	34987	66761264	86694248	0.403568
1972	38250	40717	78239624	94749070	0.429735
1973	56171	58352	107227256	121899903	0.478688
1974	38933	39914	89205088	96377366	0.414143
1975	45405	50185	86133904	106860112	0.469633
1976	54591	67549	117300712	181775462	0.371607
1977	74297	86124	132874944	216966016	0.396947
1978	74163	90692	140006144	244653841	0.370695
1979	60590	70037	137768784	185205087	0.378159
1980	61300	81214	138140800	268225295	0.302783
1981	49793	64430	131275104	220359916	0.292385
1982	45561	52903	116199848	162732211	0.325092
1983	81695	90053	127176160	155007613	0.580959
1984	70660	80176	119635456	167703793	0.478081
1985	72539	82966	106757808	127878907	0.648786
1986	106468	120514	160552528	184984272	0.651482
1987	100970	113341	188392544	216346557	0.523886
1988	74552	82644	182694224	219629534	0.376288
1989	83673	89590	170373088	195029505	0.459366
1990	96295	115363	178419456	229743186	0.502139
1991	95817	126058	200364704	230181444	0.449916
1992	81678	98347	185795984	233002165	0.422086
1993*	70946	102952	168964500	245189767	0.419887
1994*	86326	122798	213863490	304218994	0.403650

(1) from—de: Table 22, Column 4

(2) from—de: Table 24, Column 2

(3) from—de: Table 29, Column 3

(4) from—de: Table 29, Column 4

(5) (Column 2 x 1,000)/(Column 4)

\* preliminary estimates—estimaciones preliminares



**TABLE 31.** Estimates of the parameters for three fits of data for bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean to production models.  $C$  = catch, in tons;  $E$  = effort, in thousands of hooks;  $U$  = CPUE, in tons per 1,000 hooks;  $P$  = population size, in tons.

**TABLA 31.** Estimaciones de los parámetros para tres ajustes de los datos de atunes patudo en el Océano Pacífico oriental a los modelos de producción.  $C$  = captura, en toneladas;  $E$  = esfuerzo, en miles de anzuelos;  $U$  = CPUE, en toneladas por 1.000 anzuelos;  $P$  = tamaño de la población, en toneladas.

$m$	$E_{opt}$	$C_{max}$	$U_{opt}$	$U_{(1994)}$	$P_{opt}$	$P_{(1994)}$	$\Sigma(C_i - \hat{C}_i)^2$
2.0	383,000	112,600	0.294	0.404	97,827	121,450	$5.88 \times 10^9$
0.7	865,000	156,100	0.180	0.404	62,506	130,091	$5.93 \times 10^9$
0.3	1,672,000	183,800	0.110	0.404	35,477	120,657	$5.95 \times 10^9$

**TABLE 32a.** Predicted catches of bigeye tuna during 1994-2005, assuming  $M = 0.4$ , with the four patterns of fishing effort described in the text.**TABLA 32a.** Capturas de atún patudo predichas durante 1994-1995, suponiendo  $M = 0,4$ , con las cuatro configuraciones de pesca descritas en el texto.

Pattern A				Pattern B			
Year	Purse-seine	Longline	Total	Year	Purse-seine	Longline	Total
Pauta A				Pauta B			
Año	Cerquero	Palangre	Total	Año	Cerquero	Palangre	Total
1994	3087	95338	98425	1994	28855	93948	122803
1995	4081	105024	109105	1995	32738	93971	126709
1996	3790	64269	68059	1996	27920	51395	79315
1997	3892	71386	75278	1997	27292	50391	77683
1998	3856	77006	80862	1998	26926	49500	76426
1999	3850	80371	84221	1999	26810	48102	74912
2000	3845	81040	84885	2000	26672	46697	73369
2001	3845	81089	84934	2001	26689	46316	73005
2002	3845	80979	84824	2002	26682	46033	72715
2003	3845	80870	84715	2003	26682	45917	72599
2004	3845	80847	84692	2004	26682	45917	72599
2005	3845	80842	84687	2005	26682	45898	72580

Pattern C				Pattern D			
Year	Purse-seine	Longline	Total	Year	Purse-seine	Longline	Total
Pauta C				Pauta D			
Año	Cerquero	Palangre	Total	Año	Cerquero	Palangre	Total
1994	53686	92522	146208	1994	50179	148574	198753
1995	52234	84165	136399	1995	45427	92796	138223
1996	41411	41091	82502	1996	37007	40782	77789
1997	38529	35606	74135	1997	35166	34829	69995
1998	37754	31561	69315	1998	34761	32601	67362
1999	37414	28325	65739	1999	34473	30594	65067
2000	37137	26360	63497	2000	34357	29839	64196
2001	37160	25757	62917	2001	34355	29707	64062
2002	37147	25437	62584	2002	34350	29582	63932
2003	37143	25321	62464	2003	34350	29563	63913
2004	37145	25322	62467	2004	34350	29554	63904
2005	37144	25306	62450	2005	34350	29554	63904

**TABLE 32b.** Predicted catches of bigeye tuna during 1994-2005, assuming  $M = 0.6$ , with the four patterns of fishing effort described in the text.**TABLA 32b.** Capturas de atún patudo predichas durante 1994-1995, suponiendo  $M = 0.6$ , con las cuatro configuraciones de pesca descritas en el texto.

Pattern A				Pattern B			
Year	Purse-seine	Longline	Total	Year	Purse-seine	Longline	Total
Pauta A				Pauta B			
Año	Cerquero	Palangre	Total	Año	Cerquero	Palangre	Total
1994	2976	94712	97688	1994	28857	93945	122802
1995	3538	99077	102615	1995	32741	93963	126704
1996	3439	84002	87441	1996	30535	75852	106387
1997	3343	90390	93733	1997	29155	77848	107003
1998	3144	91560	94704	1998	27450	76051	103501
1999	3082	91681	94763	1999	26957	74365	101322
2000	3067	88505	91572	2000	26800	70907	97707
2001	3060	85896	88956	2001	26767	68680	95447
2002	3061	84602	87663	2002	26763	67589	94352
2003	3061	84047	87108	2003	26766	67139	93905
2004	3060	83877	86937	2004	26761	67026	93787
2005	3060	83877	86937	2005	26761	67019	93780

Pattern C				Pattern D			
Year	Purse-seine	Longline	Total	Year	Purse-seine	Longline	Total
Pauta C				Pauta D			
Año	Cerquero	Palangre	Total	Año	Cerquero	Palangre	Total
1994	55810	93135	148945	1994	53749	158737	212486
1995	59961	88851	148812	1995	55812	121014	176826
1996	53803	67974	121777	1996	50346	89564	139910
1997	50478	66214	116692	1997	47224	84620	131844
1998	47536	62124	109660	1998	44584	78880	123464
1999	46717	59150	105867	1999	43865	74672	118537
2000	46419	55616	102035	2000	43711	70853	114564
2001	46376	53721	100097	2001	43689	69402	113091
2002	46363	52821	99184	2002	43685	68945	112630
2003	46365	52455	98820	2003	43686	68857	112543
2004	46358	52378	98736	2004	43685	68849	112534
2005	46358	52365	98723	2005	43685	68846	112531

**TABLE 32c.** Predicted catches of bigeye tuna during 1994-2005, assuming  $M = 0.8$ , with the four patterns of fishing effort described in the text.

**TABLA 32c.** Capturas de atún patudo predichas durante 1994-1995, suponiendo  $M = 0,8$ , con las cuatro configuraciones de pesca descritas en el texto.]

Pattern A				Pattern B			
Year	Purse-seine	Longline	Total	Year	Purse-seine	Longline	Total
Pauta A				Pauta B			
Año	Cerquero	Palangre	Total	Año	Cerquero	Palangre	Total
1994	2926	94355	97281	1994	28862	93945	122807
1995	3384	96522	99906	1995	32733	93965	126698
1996	3363	91909	95272	1996	32090	87450	119540
1997	3304	97400	100704	1997	31293	90854	122147
1998	3156	97701	100857	1998	29904	89787	119691
1999	3103	98045	101148	1999	29407	89309	118716
2000	3090	95770	98860	2000	29297	86873	116170
2001	3086	93691	96777	2001	29265	84929	114194
2002	3086	92627	95713	2002	29258	83941	113199
2003	3086	92175	95261	2003	29262	83538	112800
2004	3086	92005	95091	2004	29256	83390	112646
2005	3086	92005	95091	2005	29256	83386	112642

Pattern C				Pattern D			
Year	Purse-seine	Longline	Total	Year	Purse-seine	Longline	Total
Pauta C				Pauta D			
Año	Cerquero	Palangre	Total	Año	Cerquero	Palangre	Total
1994	56804	93489	150293	1994	55642	166941	222583
1995	63050	91270	154320	1995	60620	141346	201966
1996	60925	82808	143733	1996	58732	126269	185001
1997	59009	84142	143151	1997	56789	125553	182342
1998	56372	81798	138170	1998	54220	121047	175267
1999	55473	80569	136042	1999	53355	118374	171729
2000	55250	78012	133262	2000	53203	114342	167545
2001	55197	76202	131399	2001	53166	112090	165256
2002	55182	75301	130483	2002	53163	111356	164519
2003	55188	74935	130123	2003	53163	111188	164351
2004	55179	74813	129992	2004	53162	111164	164326
2005	55179	74807	129986	2005	53162	111164	164326

TABLE 33. Catches of northern bluefin, in short tons, in the Pacific Ocean.

TABLA 33. Capturas de atún aleta azul del norte, en toneladas cortas, en el Océano Pacífico.

Year	Western Pacific nations			Eastern Pacific nations				Total
	Sur-face <sup>1</sup>	Long-line <sup>1</sup>	Sub-total	Surface		Long-line <sup>4</sup>	Sub-total	
				Commercial <sup>2</sup>	Recreational <sup>3</sup>			
Naciones del Pacífico occidental				Naciones del Pacífico oriental				Total
Año	Superficie <sup>1</sup>	Palan-gre <sup>1</sup>	Sub-total	Superficie		Palan-gre <sup>4</sup>	Sub-total	
				Comercial <sup>2</sup>	Deportiva <sup>3</sup>			
1952	12,093	3,622	15,716	2,288	1	0	2,289	18,005
1953	17,367	3,695	21,062	4,887	38	0	4,925	25,987
1954	16,465	2,872	19,337	10,513	9	0	10,522	29,859
1955	20,902	2,980	23,882	6,805	74	0	6,879	30,761
1956	30,221	2,877	33,098	6,313	308	0	6,621	39,719
1957	22,256	1,301	23,556	10,158	58	0	10,216	33,772
1958	8,994	866	9,860	15,360	8	0	15,368	25,228
1959	8,641	3,621	12,262	7,621	12	0	7,633	19,895
1960	11,769	5,997	17,766	5,977	1	0	5,978	23,744
1961	10,904	6,702	17,606	8,948	20	0	8,968	26,574
1962	11,331	5,203	16,534	12,399	22	0	12,421	28,955
1963	10,882	4,958	15,840	13,521	7	0	13,528	29,368
1964	10,220	2,325	12,544	10,154	6	0	10,160	22,704
1965	16,170	398	16,568	7,592	1	0	7,593	24,161
1966	13,308	1,624	14,932	17,506	18	0	17,524	32,456
1967	14,219	1,488	15,707	6,463	28	0	6,491	22,198
1968	16,044	1,660	17,704	6,576	11	0	6,587	24,291
1969	8,628	1,242	9,870	7,622	13	0	7,635	17,505
1970	7,489	994	8,483	4,356	16	0	4,372	12,855
1971	8,805	774	9,579	9,208	7	0	9,215	18,794
1972	7,944	829	8,773	14,700	13	0	14,713	23,486
1973	8,835	1,504	10,339	11,796	48	0	11,844	22,183
1974	14,205	4,600	18,805	6,139	52	0	6,191	24,996
1975	10,323	1,619	11,942	10,534	30	0	10,564	22,506
1976	8,246	605	8,852	11,716	18	0	11,734	20,586
1977	12,919	842	13,761	6,016	17	0	6,033	19,794
1978	21,628	1,112	22,741	5,946	4	0	5,950	28,691
1979	25,772	1,344	27,116	6,733	10	0	6,743	33,859
1980	19,867	1,146	21,013	3,233	7	0	3,240	24,253
1981	32,010	757	32,767	1,195	5	0	1,200	33,967
1982	26,061	1,168	27,229	3,466	6	0	3,472	30,701
1983	19,543	600	20,143	924	17	0	941	21,084
1984	11,112	670	11,783	946	26	0	972	12,755
1985	13,821	2,379	16,200	4,425	45	0	4,470	20,670
1986	15,277	302	15,579	5,599	6	0	5,605	21,184
1987	15,242	735	15,977	1,091	17	0	1,108	17,085
1988	7,790	313	8,103	1,566	3	0	1,569	9,672
1989	9,414	778	10,192	1,230	59	142	1,431	11,623
1990	6,590	539	7,129	1,665	34	101	1,800	8,929
1991	13,683	780	14,463	462	47	89	598	15,061
1992	11,003	1,440	12,443	2,126	107	51	2,284	14,727
1993	*	*	*	639	312	52	1,003	*
1994	*	*	*	1,068	98	20	1,186	*
1995	*	*	*	694	270	50	1,014	*

TABLE 33. (continued)

TABLA 33. (continuación)

<sup>1</sup> Sources: The data for Japan were obtained from the National Research Institute of Far Seas Fisheries of Japan. The data for 1951-1964 include only large fish (greater than about 15 kg or 33 pounds), while those for 1965-1992 include both small and large fish. The data for the small fish were estimated from the catches of *meji* (small bluefin, yellowfin, and bigeye) by a proration process based upon the catches of large bluefin, yellowfin, and bigeye. The data for the Republic of China for 1952-1964 were obtained from yearbooks of fisheries statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and those for 1965-1993 were obtained published and unpublished data of the Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC. The data for the Republic of Korea for 1952-1982 were obtained from yearbooks of fisheries statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and those for 1983-1992 were obtained from data published by the National Fisheries Research and Development Agency of Korea.

<sup>2</sup> Fuentes: Los datos de Japón provienen del National Research Institute of Far Seas Fisheries del Japón. Los datos de 1951-1965 incluyen solamente peces grandes (de más de unos 15 kg/33 libras), mientras que aquellos de 1966-1992 incluyen también peces pequeños. Se estimaron los datos de los peces pequeños a partir de las capturas de *meji* (patudos y aletas amarillas y azules pequeños) mediante un procedimiento de prorrateo basado en las capturas de ejemplares grandes de estas especies. Los datos de la República de China correspondientes a 1952-1964 provienen de los registros anuales de estadísticas pesqueras de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, y aquellos correspondientes a 1965-1993 de datos publicados e inéditos del Instituto de Oceanografía de la Universidad Nacional de Taiwan en Taipei. Los datos de la República de Corea correspondientes a 1952-1982 provienen de los registros anuales de estadísticas pesqueras de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, y aquellos correspondientes a 1983-1992 de datos publicados por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Corea.

<sup>3</sup> Sources: 1952-1960, FAO Fish. Rep., 6 (2): 405; 1961-1995, Table 1, minus recreational catch

<sup>4</sup> Fuentes: 1952-1960, FAO Fish. Rep., 6 (2): 405; 1961-1995, Tabla 1, menos captura deportiva

<sup>5</sup> Sources: 1952-1990, California's Living Marine Resources and their Utilization, published by the California Department of Fish and Game; 1991-1995, California Department of Fish and Game, unpublished data. The following average weights were used to convert the catches from numbers to weights of fish: 1952-1991, 18 pounds; 1992, 24.8 pounds; 1993, 59.9 pounds; 1994, 85.1 pounds; 1995, 36.8 pounds.

<sup>6</sup> Fuentes: 1952-1990, *California's Living Marine Resources and their Utilization*, publicado por el California Department of Fish and Game; 1991-1995, California Department of Fish and Game, datos inéditos. Se usaron los pesos promedio siguientes para convertir las capturas de números de peces a pesos: 1952-1991, 18 libras; 1992, 24,8 libras; 1993, 59,9 libras; 1994, 85,1 libras; 1995, 36,8 libras.

<sup>7</sup> Sources: 1989-1993 - U.S. National Marine Fisheries Service, Long Beach, California (These data include only exports; small amounts were probably consumed in the United States.); 1994 - Pelagic Fisheries of the Western Pacific Region, 1994 Annual Report, Appendix 3, Table 3, Western Pacific Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii (draft); 1995 - Pelagic Fisheries of the Western Pacific Region, 1995 Annual Report, Table 2, Western Pacific Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii (draft).

<sup>8</sup> Fuentes: 1989-1993 - U.S. National Marine Fisheries Service, Long Beach, California (Estos datos incluyen exportaciones solamente; es probable que hayan sido consumidas pequeñas cantidades en los Estados Unidos.); 1994 - Pesquerías pelágicas de la región del Pacífico occidental, Informe Anual de 1994, Anexo 3, Tabla 3, Western Pacific Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii (borrador); 1995 - Pesquerías pelágicas de la región del Pacífico occidental, Informe Anual de 1995, Tabla 2, Western Pacific Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii (borrador).

\* data not available—datos no disponibles

TABLE 34. Estimated numbers of bluefin, in thousands, caught in the western and eastern Pacific Oceans.

TABLA 34. Número estimado de aletas azules, en miles, capturados en el Océano Pacífico occidental y oriental.

Year class	Western Pacific Ocean					Eastern Pacific Ocean			
	0	1	2	3	4	1	2	3	4
Clase anual	Océano Pacífico occidental					Océano Pacífico oriental			
	0	1	2	3	4	1	2	3	4
1948	-	-	-	-	-	-	-	-	>0
1949	-	-	-	-	-	-	-	>0	>0
1950	-	-	-	-	-	-	140	6	4
1951	-	-	-	-	-	54	6	6	2
1952	-	-	-	-	-	651	493	19	>0
1953	-	-	-	-	-	413	348	9	>0
1954	-	-	-	-	-	185	168	20	0
1955	-	-	-	-	-	433	373	4	4
1956	-	-	-	-	-	575	905	109	69
1957	-	-	-	-	-	285	269	33	>0
1958	-	-	-	-	-	12	66	6	1
1959	-	-	-	-	-	58	347	9	5
1960	-	-	-	-	-	524	608	80	4
1961	-	-	-	-	-	829	521	29	1
1962	-	-	-	-	30	526	256	16	0
1963	-	-	-	62	8	972	305	35	1
1964	-	-	91	5	17	327	715	34	0
1965	-	266	3	52	1	622	308	5	1
1966	1270	461	1	13	17	97	155	32	1
1967	3607	964	78	23	24	416	311	35	0
1968	2300	371	48	14	18	290	258	7	-
1969	2970	378	2	18	16	14	711	-	0
1970	1938	443	15	4	3	467	-	2	0
1971	3316	682	20	12	29	-	589	1	>0
1972	498	124	28	115	26	609	440	2	24
1973	4875	1403	46	61	95	51	722	172	21
1974	3953	676	96	44	10	260	150	21	8
1975	1277	222	61	14	28	488	250	7	>0
1976	1784	698	151	38	7	55	81	>0	0
1977	2542	478	98	76	84	508	539	1	>0
1978	5091	1452	119	584	99	78	284	11	1
1979	2088	611	180	64	56	48	70	2	>0
1980	2810	605	200	54	15	4	120	6	1
1981	1975	785	139	21	75	249	62	6	0
1982	665	213	44	86	30	12	44	>0	>0
1983	1362	421	49	123	-	33	315	5	>0
1984	2417	757	61	-	-	76	388	6	>0
1985	2046	760	-	-	-	22	74	21	>0
1986	1470	-	-	-	-	7	45	6	1
1987	-	-	-	-	-	34	40	8	>0
1988	-	-	-	-	-	45	78	1	-
1989	-	-	-	-	-	5	8	-	-
1990	-	-	-	-	-	52	-	-	-

**TABLE 35.** Weights, in pounds, of bluefin tuna used for cohort analyses. The estimates were obtained from the growth-in-length and weight-length equations in Table 13 of the IATTC Annual Report for 1993.

**TABLA 35.** Pesos, en libras, de atún aleta azul usados para los análisis de cohortes. Se obtuvieron las estimaciones con las ecuaciones de crecimiento en peso y talla-peso en la Tabla 13 del Informe Anual de la CIAT de 1993.

Quarter Trimestre	Age 0 Edad 0	Age 1 Edad 1	Age 2 Edad 2	Age 3 Edad 3	Age 4 Edad 4	Age 5 Edad 5
1	0.000	7.946	21.269	48.481	91.532	153.564
2	0.000	9.374	26.684	57.501	104.946	172.126
3	0.761	12.554	33.061	67.768	119.899	176.979
4	4.335	16.569	40.340	79.142	136.156	181.937
Quarter Trimestre	Age 6 Edad 6	Age 7 Edad 7	Age 8 Edad 8	Age 9 Edad 9	Age 10 Edad 10	Age 11 Edad 11
1	186.928	207.830	230.176	254.008	279.368	306.299
2	191.950	213.204	235.912	260.117	285.861	313.186
3	197.173	218.789	241.870	266.459	292.598	320.327
4	202.486	224.467	247.924	272.900	299.435	327.573
Quarter Trimestre	Age 12 Edad 12	Age 13 Edad 13	Age 14 Edad 14	Age 15 Edad 15	Age 16 Edad 16	
1	334.842	365.039	396.930	430.557	465.959	
2	342.133	372.743	405.059	439.120	474.966	
3	349.690	380.726	413.478	447.985	484.288	
4	357.353	388.818	422.008	456.964	493.727	

**TABLE 36.** Estimates of the natural mortality of bluefin used for the cohort analyses.

**TABLA 36.** Estimaciones de la mortalidad natural del aleta azul usadas para los análisis de cohortes.

Vector	Age 0 Edad 0	Age 1 Edad 1	Age 2 Edad 2	Age >2 Edad >2
1	0.20	0.20	0.20	0.20
2	0.35	0.30	0.25	0.20
3	0.50	0.40	0.30	0.20
4	0.30	0.30	0.30	0.30
5	0.45	0.40	0.35	0.30
6	0.60	0.50	0.40	0.30



**TABLE 37.** Correlations for various combinations of catches of northern bluefin. WPO and EPO stand for western Pacific Ocean and eastern Pacific Ocean, respectively.

**TABLA 37.** Correlaciones para varias combinaciones de capturas de aleta azul norteño. WPO = Océano Pacífico occidental; EPO = Océano Pacífico oriental.

Correlation	Degrees of freedom	<i>r</i>
Correlación	Grados de libertad	<i>r</i>
1. WPO, age 0, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.157
2. WPO, age 0, <i>versus</i> EPO, age 2	18	0.442
3. WPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.390
4. WPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 2	18	0.175
5. WPO, age 2, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.322
6. WPO, age 2, <i>versus</i> EPO, age 2	18	-0.460*
7. EPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 2	35	0.458*
8. WPO, age 0, <i>versus</i> WPO, age 1	18	0.843**
9. WPO, age 0, <i>versus</i> WPO, age 2	17	0.174
10. WPO, age 1, <i>versus</i> WPO, age 2	18	0.344
11. WPO, age 0, <i>versus</i> WPO + EPO, age 1	17	0.757**
12. WPO, age 0, <i>versus</i> WPO + EPO, age 2	16	0.511*
13. EPO, age 2, <i>versus</i> WPO, age 0, and WPO, age 2	15	0.746**

\* significant at the 5-percent level—significativo al nivel de 5%

\*\* significant at the 1-percent level—significativo al nivel de 1%

TABLE 38. Pacific Ocean and world catches of swordfish, in short tons.

TABLA 38. Capturas de pez espada en el Océano Pacífico y mundiales, en toneladas cortas.

Year	Japan	Chile	Philip- pines	USA	Rep. of China	Mexico	Other Pacific	Total Pacific	World
Año	Japón	Chile	Filipinas	EUA	Rep. de China	México	Otros en el Pacífico	Pacífico total	Mundial
1971	10,121	199	1,653	106	(1)	(1)	1,608	13,687	25,883
1972	9,751	154	1,764	176	(1)	(1)	1,991	13,836	26,830
1973	10,631	451	1,874	418	(1)	(1)	3,613	16,987	33,521
1974	10,491	240	2,037	484	(1)	(1)	1,652	14,904	30,994
1975	12,427	151	2,178	594	(1)	(1)	1,504	16,854	35,205
1976	17,464	14	1,717	66	6	(1)	1,773	21,040	36,139
1977	15,429	35	2,318	440	12	(1)	1,504	19,738	36,773
1978	15,799	62	981	1,926	90	(1)	1,140	19,998	44,400
1979	14,430	44	4,238	286	22	8	1,661	20,689	41,879
1980	13,176	114	1,892	803	51	418	1,553	18,007	40,126
1981	14,416	323	2,138	755	42	1,733	1,218	20,625	41,586
1982	12,511	314	3,823	1,080	21	1,502	1,170	20,421	48,189
1983	13,791	376	3,278	1,659	6	132	1,141	20,383	51,353
1984	13,212	113	2,507	3,144	7	52	617	19,652	58,992
1985	14,422	376	2,244	3,370	7	20	253	20,692	65,170
1986	15,731	840	2,303	2,386	9	464	194	21,927	67,281
1987	16,388	2,265	2,356	1,782	14	605	1,469	24,879	73,886
1988	17,081	4,901	4,447	1,759	35	674	1,549	30,446	89,327
1989	13,632	6,406	4,140	2,077	51	759	2,898	29,963	86,062
1990	12,501	5,451	3,513	3,416	16	2,915	3,964	31,776	81,719
1991	10,593	7,981	3,460	6,530	11	947	909	30,431	74,495
1992	17,181	7,017	4,682	7,265	267	1,276	948	38,636	87,992
1993	17,004	5,183	5,096	7,679	106	887	1,871	37,826	90,497
1994	14,118	4,189	4,013	4,949	314	625	1,994	30,202	91,735
1995	(2)	2,859	(2)	3,828	227	(2)	(2)	(2)	(2)

(1) data not available—datos no disponibles

(2) data not yet received—datos todavía no recibidos

**TABLE 39.** Catches of swordfish, in short tons, in the eastern Pacific Ocean.**TABLA 39.** Capturas de pez espada, en toneladas cortas, en el Océano Pacífico oriental.

Year	Chile	Colombia	Costa Rica	Ecuador	Japan	Mexico	Peru	Rep. of China	Rep. of Korea	USA	Total
Año	Chile	Colombia	Costa Rica	Ecuador	Japón	México	Perú	Rep. de China	Rep. de Corea	EUA	Total
1971	199	(1)	(1)	(1)	2,372	(1)	220	(1)	(1)	106	2,897
1972	154	(1)	(1)	(1)	2,526	(1)	660	(1)	(1)	176	3,516
1973	451	(1)	(1)	(1)	4,059	(1)	2,090	(1)	(1)	418	7,018
1974	240	(1)	(1)	(1)	2,223	(1)	297	(1)	(1)	484	3,244
1975	151	(1)	(1)	(1)	2,598	(1)	174	(1)	10	594	3,527
1976	14	(1)	(1)	(1)	4,282	(1)	325	6	36	66	4,728
1977	35	(1)	(1)	(1)	6,292	(1)	462	12	49	440	7,291
1978	62	(1)	(1)	(1)	5,573	(1)	480	90	48	1,926	8,178
1979	44	(1)	(1)	(1)	3,883	8	207	22	27	268	4,477
1980	114	(1)	(1)	(1)	4,888	418	238	51	83	778	6,595
1981	323	(1)	(1)	(1)	5,000	1,733	100	42	263	737	8,216
1982	314	(1)	(1)	(1)	4,083	1,502	169	21	158	1,043	7,326
1983	376	(1)	(1)	(1)	3,998	132	248	6	82	1,618	6,500
1984	113	(1)	(1)	(1)	2,592	52	328	7	64	3,120	6,300
1985	376	(1)	(1)	(1)	2,107	20	101	7	106	3,360	6,087
1986	840	(1)	(1)	(1)	4,000	464	36	9	297	2,363	8,009
1987	2,265	(1)	(1)	(1)	5,056	605	68	14	296	1,761	10,065
1988	4,901	(1)	(1)	(1)	4,090	674	142	35	186	1,720	11,748
1989	6,406	(1)	(1)	(1)	2,996	759	91	51	177	1,753	12,233
1990	5,451	(1)	(1)	387	3,214	2,915	2	16	741	1,609	14,335
1991	7,981	32	118	385	3,356	947	3	11	1,010	1,587	15,430
1992	7,017	0	30	385	3,065	1,276	23	267	371	1,788	14,222
1993	5,183	0	21	36	3,230	887	21	16	(2)	1,600	(2)
1994	4,189	0	23	(2)	2,974	625	5	61	(2)	1,449	(2)
1995	2,859	(2)	29	(2)	2,370	(2)	(2)	44	(2)	1,018	(2)

(1) data not available—datos no disponibles

(2) data not yet received—datos todavía no recibidos



## INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL, 1995

### INTRODUCCION

La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio suscrito originalmente por Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, vigente desde 1950, está abierto a la afiliación de cualquier país cuyos ciudadanos pesquen atunes tropicales y especies afines en el Océano Pacífico oriental. Bajo esta estipulación, la República de Panamá se afilió en 1953, Ecuador en 1961, México en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, Francia y Nicaragua en 1973, Vanuatu en 1990, y Venezuela en 1992. Ecuador se retiró de la CIAT en 1968, México en 1978, y Canadá en 1984.

La CIAT cumple su mandato mediante dos programas, el Programa Atún-Picudo y el Programa Atún-Delfín. Las responsabilidades principales del primero son (1) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para evaluar los efectos de la pesca y los factores naturales sobre su abundancia, y (2) recomendar las medidas de conservación apropiadas para que los stocks de peces puedan mantenerse a niveles que permitan las capturas máximas sostenibles. Las responsabilidades principales del Programa Atún-Delfín son (1) controlar la abundancia de las poblaciones de delfines y su mortalidad incidental a la pesca, mediante la toma de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco pescando en el Pacífico oriental, (2) analizar esta información y formular recomendaciones apropiadas para la conservación de los delfines, (3) estudiar las causas de la mortalidad de delfines en las maniobras de pesca e instar a los pescadores a adoptar aquellas técnicas de pesca que minimizan esa mortalidad, y (4) estudiar los efectos de las distintas modalidades de pesca sobre los varios peces y demás animales del ecosistema pelágico.

Para llevar a cabo estas misiones, la CIAT realiza una amplia investigación en el mar, en los puertos donde se desembarca el atún, y en sus laboratorios. Estos estudios son llevados a cabo por un equipo internacional permanente de investigadores y técnicos (Anexo 1), seleccionados por el Director, quien responde directamente ante la Comisión.

El programa científico se encuentra en su 45° año. Los resultados de las investigaciones del personal de la CIAT son publicados en la serie de Boletines de la CIAT en inglés y español, los dos idiomas oficiales, en su serie de Informes Especiales, y en libros, revistas científicas externas, y revistas comerciales. En un Informe Anual, asimismo bilingüe, se describen las actividades realizadas en el año en cuestión.

### REUNIONES DE LA COMISION

El Convenio de la CIAT estipula que la Comisión se reúna al menos una vez al año. Adicionalmente, casi siempre se celebran en conjunto con las reuniones de la CIAT reuniones intergubernamentales, en las cuales participan representantes de gobiernos miembros y no miembros interesados en las pesquerías de atunes tropicales del Océano Pacífico oriental. El Acuerdo para la Conservación de Delfines, o Acuerdo de La Jolla, adoptado en la 24ª reunión intergubernamental, celebrada en junio de 1992, estableció dos grupos de trabajo permanentes, el Panel Internacional de Revisión y el Consejo Científico Asesor. (Se presenta el texto de dicho Acuerdo en el Anexo 2 del Informe Anual de la CIAT de 1992.) En la sección siguiente se resume lo ocurrido en las reuniones de la CIAT el Panel de Revisión, e intergubernamentales celebradas en 1995.

#### 55ª REUNION DE LA CIAT

La CIAT celebró su 55ª reunión en La Jolla, California (EE.UU.) del 13 al 15 de junio de 1995, bajo la presidencia del Sr. Brian Hallman, de los Estados Unidos. Asistieron representantes de seis gobiernos miembros, junto con observadores de Colombia, Ecuador, España, México, las Seychelles, Taiwan, la Comisión Ballenera Internacional, la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLD-EPESCA), la Asociación Empresarial Pesquera de América Latina (ALEP), Center for Marine Conservación, Earth Island Institute, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza (FUDENA), Greenpeace International, Humane Society Internacional, la Red Mexicana de Acción Frente al Libre Comercio, Fishermen's Coalition, Whale and Dolphin Conservation Society, y World Wildlife Fund.

Se adoptó la agenda siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Aprobación de la agenda
3. Revisión de la investigación atunera actual
4. El año pesquero 1994
5. Condición de los stocks de atunes
6. Revisión del programa atún-delfín: investigaciones y extensión
7. Revisión del Programa Internacional de Conservación de Delfines
8. Recomendaciones para 1995
9. Programa de investigación y presupuesto recomendado para el AF 1996-1997
10. Fecha y sede de la próxima reunión
11. Nombramiento de funcionarios
12. Otros asuntos
13. Clausura

El personal de la Comisión recomendó una cuota de captura para el aleta amarilla de 235,000 toneladas cortas en el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA; Figura 1) durante 1995, con la opción de incrementar este límite, a discreción del Director, por hasta tres incrementos de 20.000 toneladas cada uno. En la sección del Informe Anual de la CIAT de 1994 titulada **CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES Y PECES ESPADA EN 1995 Y PERSPECTIVAS PARA 1996** se explican las razones por esta recomendación.

Se suspendió la reunión de la Comisión el 14 de junio y se convocó la 29ª Reunión Intergubernamental, a la que asistieron todos los representantes nacionales presentes en la reunión de Comisión, como participantes u observadores. El propósito principal de esta reunión

era comentar y tomar acción con respecto a varios asuntos tratados en la reunión del Panel Internacional de Revisión celebrado del 10 al 12 del mismo mes. Se añadió el texto siguiente al fin del Párrafo 5 del Acuerdo para la Conservación de Delfines: "El Director de la CIAT, después de hacer consultas y tener el acuerdo de los miembros votantes del Panel de Revisión, podrá también usar la información de mortalidad de delfines que se proyecta para el año en curso a fin de proveer los LMD [Límites de Mortalidad de Delfines] para la segunda mitad de ese período, si su utilización, de acuerdo a las expectativas razonables, no exceda el total de la cuota asignada a la flota para ese año."

Se reanudó la reunión de la Comisión después de ser suspendida la intergubernamental, y se tomaron las acciones siguientes:

(1) Se aprobó una resolución en borrador preparada por el personal de la CIAT sobre la conservación del aleta amarilla. El texto de esta resolución es como sigue:

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical*, teniendo la responsabilidad del estudio científico de los atunes y especies afines del Océano Pacífico oriental, y de formular recomendaciones a las Altas Partes Contratantes con respecto a dichos recursos, y habiendo mantenido desde 1950 un programa científico ininterrumpido dedicado al estudio de dichos recursos,

*Observa* que el recurso de atún aleta amarilla en el Pacífico oriental sostiene a una de las pesquerías de atunes con artes de superficie más importantes del mundo, y

*Reconoce*, con base en la experiencia previa en esta pesquería, que existe la posibilidad de reducir la producción potencial del recurso si el esfuerzo de pesca es excesivo;

*Tiene presente* que el cumplimiento satisfactorio del programa de conservación entre 1966 y 1979 mantuvo los stocks de aleta amarilla a altos niveles de abundancia, y

*Nota* que de 1980 a 1994, con la excepción de 1987, a pesar de no haberse establecido programas de conservación, el personal científico de la Comisión recomendó medidas de conservación a los Comisionados, quienes a su vez aprobaron dichas medidas para recomendación a sus gobiernos respectivos, y

*Observa* que, a pesar de que el stock de aleta amarilla está en un nivel de abundancia por encima del óptimo, es posible sobreexplotarlo,

*Concluye* que, si las condiciones lo justifican, se debería instrumentar una limitación de la captura de aleta amarilla en 1995.

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda por lo tanto a las Altas Partes Contratantes* que se establezca para el año civil 1995 una cuota de 235,000 toneladas cortas sobre la captura total del atún aleta amarilla del ARCAA (definida en la resolución adoptada por la Comisión el 17 de mayo de 1962), y que se autorice al Director a aumentar este límite por un máximo de tres incrementos de 20,000 toneladas cortas cada uno, si el análisis de los datos disponibles le lleva a la conclusión que estos incrementos no perjudicarían el stock de forma sustancial, y

*Recomienda finalmente* que todas las naciones miembros y demás naciones interesadas trabajen con diligencia por lograr el cumplimiento de este programa de conservación del atún aleta amarilla en 1995.

(2) La Comisión aceptó un presupuesto recomendado de US\$ 4,998,170 para el año fiscal 1996-1997.

(3) La Comisión acordó que se celebraría una reunión especial en octubre de 1995 en Panamá, en conjunto con una reunión intergubernamental para tratar una modificación del Límite de Mortalidad de Delfines general para 1996. Acordó además que su próxima reunión regular tendría lugar en San José de Costa Rica en junio de 1996.

(4) La Comisión acordó que un representante de Panamá presidiría sobre la reunión de octubre y uno de Costa Rica sobre la de junio. Ambos funcionarios serían nombrados en fecha posterior.

### 56ª REUNION DE LA CIAT

La CIAT celebró su 56ª reunión en Panamá, R.P., el 3 de octubre de 1995, bajo la presidencia de Lic. Nitzia R. de Villarreal. Asistieron representantes de siete gobiernos miembros (Costa Rica, los Estados Unidos, Francia, Japón, Panamá, Vanuatu, y Venezuela) y observadores de Belice, Colombia, Ecuador, España, Honduras, México, OLDEPESCA, ALEP, Center for Marine Conservation, Environmental Defense Fund, Greenpeace International, Humane Society International, Whale and Dolphin Conservation Society, y World Wildlife Fund.

Se adoptó la agenda siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Aprobación de la agenda
3. Revisión del año pesquero 1995 hasta la fecha
4. Revisión del Programa Internacional de Conservación de Delfines hasta la fecha
5. Otros asuntos
6. Clausura

El objetivo principal de la reunión de la CIAT era proporcionar la información más actual sobre el Programa Internacional de Conservación de Delfines a los representantes de los países miembros y observadores para permitirles tomar decisiones informadas sobre varios aspectos de dicho programa en la Reunión Intergubernamental que seguiría.

La reunión de la CIAT fue seguida, el 3 y 4 de octubre de 1995, por la 30ª Reunión Intergubernamental, a la cual asistieron todos los representantes nacionales presentes en la reunión de la CIAT, en calidad de participantes u observadores. Se acordó tratar la cuestión de las capturas incidentales, y que esta labor sería llevada a cabo por el Comité Científico Asesor, y no por un grupo de trabajo *ad hoc*. Se acordó además que la CIAT adoptaría normas sobre el alojamiento similares a aquellas estipuladas por la ley mexicana, y que el Director de la CIAT, con previo aviso a los armadores, no asignaría observadores a barcos que no cumplieren con dichas normas. Se acordó instar a los gobiernos intensificar sus esfuerzos por financiar la investigación de formas de reducir la mortalidad de delfines. Además, se llegó a un acuerdo sobre los procedimientos que usaría el Panel Internacional de Revisión para tratar los lances con "problemas especiales" (lances en los cuales, debido a condiciones extraordinarias, mueren grandes cantidades de delfines), pero se notó también que estos procedimientos serían analizados en la próxima reunión del Panel. Las Reglas de Procedimiento del Panel (Informe Anual de la CIAT de 1992: 209-211; enmendadas posteriormente en la 26ª Reunión Intergubernamental) fueron enmendadas con respecto al número de representantes que pueden asistir a las reuniones del Panel y la asistencia de observadores en las mismas (Anexo 2). Se notó además que la representación de gobiernos en el Panel había aumentado, a diferencia de aquella de la industria atunera y los grupos ambientalistas no gubernamentales, y que esto reducía la efectividad de los miembros no gubernamentales. Se acordó por lo tanto analizar lo antes posible la situación con respecto al número de representantes y su distribución geográfica. Adicionalmente, se acordó que el plazo para solicitar Límites de Mortalidad de Delfines (LMD) sería extendido hasta el 1º de diciembre de 1995. Finalmente, fueron aprobadas dos declaraciones importantes, la Declaración de Panamá (Anexo 3), firmada por representantes de Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, los Estados Unidos, Francia, Honduras, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela, y la Declaración sobre el Fortalecimiento de los Objetivos y Operación de la Convención que establece la Comisión Interamericana del Atún Tropical (Anexo 4), firmada por representantes de Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, los Estados Unidos, Honduras, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela.



### OCTAVA REUNION DEL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION

La octava reunión del Panel tuvo lugar en Ensenada, México, el 23 y 24 de enero de 1995, bajo la presidencia del Lic. Carlos Camacho Gaos, de México. Asistieron representantes de Colombia, los Estados Unidos, México, Venezuela, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, y FUDENA. Miembros del personal del Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines de México brindaron apoyo logístico.

La agenda fue la siguiente:

1. Apertura de la Reunión
2. Elección del Coordinador
3. Aprobación de la agenda
4. Aprobación de las actas de la 7ª Reunión del PIR
5. Revisión de los LMD asignados para 1995
  - a) LMD anuales
  - b) LMD para el segundo semestre
6. Procedimientos sugeridos para tratar lances con problemas especiales
7. Definición de un capitán de pesca
8. Pesca de investigación y mortalidad de delfines
9. Reglas sobre la asistencia de observadores
10. Revisión de conformidad con el PICD
  - a) Respuestas de los gobiernos a infracciones reportadas
  - b) Otros asuntos relacionados a la conformidad con el PICD
11. Revisión de los datos de los observadores
12. Fecha y sede de la próxima reunión
13. Otros asuntos
14. Clausura

En la subsección titulada *Programa Internacional para la Conservación de Delfines* se presenta un resumen de las decisiones tomadas en esta reunión y en las reuniones novena y décima del Panel.

### NOVENA REUNION DEL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION

La novena reunión del Panel tuvo lugar en La Jolla, California (EE.UU.) el 11 y 12 de junio de 1995. Presidió la Sra. Hilda Díaz-Soltero, de los Estados Unidos, y asistieron representantes de Colombia, Ecuador, los Estados Unidos, México, Panamá, Venezuela, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, FUDENA, Greenpeace International, y la Red Mexicana de Acción Frente al Libre Comercio.

La agenda fue la siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Elección del Coordinador
3. Aprobación de la agenda
4. Aprobación de las actas de la 8ª reunión del Panel
5. Examen de los LMD asignados para 1995:
  - a) Avances con respecto a los LMD anuales
  - b) LMD par el segundo semestre
6. Repaso de los datos de los observadores
7. Procedimientos propuestos para tratar los lances con problemas especiales

8. Dificultades con el alojamiento de los observadores a bordo de los barcos
9. Investigaciones para reducir la mortalidad de delfines:
  - a) Tipos de investigación a realizar
  - b) Mecanismos para obtener fondos para la investigación
10. Estimación de la cantidad de atunes juveniles desechados en la pesquería
11. Revisión de conformidad con el PICD:
  - a) Estadísticas actualizadas sobre el método de soltar la orza de proa para liberar delfines
  - b) Intervalo entre la calada de la red y el fin del retroceso
  - c) Cartas a los pescadores
  - d) Opciones para acciones contra naciones que no cumplen con el Acuerdo
  - e) Respuestas de los gobiernos a infracciones reportadas
12. Aprobación de las modificaciones a las Reglas de Procedimiento
13. Fecha y sede de la próxima reunión
14. Otros asuntos
15. Clausura

Tal como se comenta arriba, en la subsección titulada ***El Programa Internacional para la Conservación de Delfines*** se presenta un resumen de las decisiones tomadas en esta reunión y en las reuniones octava y décima del Panel.

#### DECIMA REUNION DEL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION

La 10ª reunión del Panel tuvo lugar en Panamá, R.P., el 1 y 2 de octubre de 1995, presidida por el Lic. Carlos Camacho Gaos de México. Asistieron representantes de Colombia, Costa Rica, Ecuador, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, Venezuela, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, y Greenpeace International.

La agenda fue la siguiente:

1. Apertura de la Reunión
2. Elección del Coordinador
3. Aprobación de la agenda
4. Aprobación de las actas de la 9ª Reunión del Panel
5. Repaso de los datos de los observadores
6. Procedimientos propuestos para tratar los lances con problemas especiales
7. Dificultades con el alojamiento de los observadores a bordo de los barcos
8. Investigaciones para reducir la mortalidad de delfines:
  - a) Tipos de investigación a realizar
  - b) Mecanismos para obtener fondos para la investigación
9. Estimación de la cantidad de descartes en la pesquería:
  - a) Informe del revisión por el grupo paritario
  - b) Atún juvenil
  - c) Otras especies
10. Revisión de conformidad con el PICD:
  - a) Opciones para reducir la incidencia de lances nocturnos
  - b) Cartas a los pescadores
  - c) Opciones para acciones contra naciones que no cumplen con el Acuerdo (discusión del documento de trabajo de los Estados Unidos)

11. Límites de Mortalidad de Delfines:
  - a) Repaso de los LMD de 1995 a la fecha
  - b) LMD para 1996
12. Aprobación de las modificaciones a las Reglas de Procedimiento
13. Fecha y sede de la próxima reunión
14. Otros asuntos
15. Clausura

Tal como se comenta arriba, en la subsección titulada ***Programa Internacional para la Conservación de Delfines*** se presenta un resumen de las decisiones tomadas en esta reunión y en las reuniones octava y novena del Panel.

## ADMINISTRACION

### PRESUPUESTO

En su 51ª reunión, celebrada el 10 de junio de 1993 en Port Vila (Vanuatu), la Comisión aprobó unánimemente el presupuesto de \$US 4.865.250 presentado por el Director para el año fiscal 1994-1995. (además, en su 50ª reunión, celebrada en junio de 1992, la Comisión había aprobado un presupuesto suplementario de \$US 4.520.000 para actividades relacionadas al Programa Atún-Delfín, que se gastaría durante los años fiscales 1993-1994 y 1994-1995.) Sin embargo, la cantidad aportada por los países miembros en 1994-1995 fue \$US 3.227.025, o \$US 1.638.225 menos que la suma recomendada y aprobada para el presupuesto regular. Como consecuencia se tuvieron que limitar algunos proyectos programados.

### INFORME FINANCIERO

El estado de cuentas de la Comisión para el año fiscal 1994-1995 fue comprobado por Peat, Marwick, Mitchell and Co. En el Anexo 5 del presente informe se presentan las tablas compendadas del informe de los mismos.

### COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Durante 1995 el equipo de investigadores de la CIAT continuó desarrollando vínculos estrechos con organizaciones e instituciones investigativas universitarias, gubernamentales, y privadas a nivel local, nacional, e internacional. Esta reciprocidad permite a los investigadores mantenerse al corriente de los avances y el desarrollo actual en la investigación pesquera y oceanográfica a nivel mundial. A continuación se describen algunos aspectos de dichas relaciones.

Las oficinas principales de la CIAT se encuentran situadas en los terrenos del Scripps Institution of Oceanography (SIO) de la Universidad de California en La Jolla, California, uno de los principales centros mundiales de ciencias marinas y sede de varias agencias federales y estatales de pesca, oceanografía, y ciencias afines. Esta situación fomenta un contacto frecuente entre los investigadores de la CIAT y los científicos de estas entidades. Los Dres. James Joseph y Richard B. Deriso son catedráticos del SIO, y el Dr. Deriso dirigió un curso de estudios supervisó las investigaciones de algunos estudiantes en esa institución durante 1995. El Sr. Michael G. Hinton y la Srta. Cleridy E. Lennert cursaron estudios de postgraduado en el SIO en 1995.

Los Dres. Joseph y Deriso son también profesores de la Universidad de Washington en Seattle, Washington (EE.UU.), y el Dr. Joseph de la Universidad Autónoma de Baja California en Ensenada (México). El Dr. Martín A. Hall es miembro de la cátedra de la Universidad de British

Columbia en Vancouver (Canadá). Los Dres. Deriso, Hall, Pablo R. Arenas, y Robert J. Olson sirvieron en comités supervisores de las investigaciones de estudiantes de postgraduado en varias universidades durante 1995.

Durante muchos años se han mantenido relaciones cordiales y productivas con la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, la Comisión Permanente del Pacífico Sur, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), la Comisión para la Conservación del Atún Aleta Azul del Sur (CCSBT), la Comisión del Pacífico Sur, y otros organismos internacionales. Por ejemplo, el Sr. Alejandro Anganuzzi fue otorgado una excedencia de un año, a partir del 19 de agosto de 1995, para dirigir las actividades del Programa Indopacífico de Desarrollo y Manejo del Atún, filial de la FAO, en Colombo (Sri Lanka). Durante 1995 los Dres. Richard B. Deriso, William H. Bayliff, y Alexander Wild sirvieron como miembros de la Asesoría Experta de la FAO sobre las Interacciones de las Pesquerías de Atún en el Océano Pacífico, patrocinada por la FAO. Para promover los objetivos del programa, la FAO está subvencionando dos estudios de simulación en computadora que serán realizados por el personal de la CIAT. El Dr. Deriso sirve de asesor para el CCSBT arriba detallado. El Dr. Pablo Arenas asistió en la coordinación de un programa de investigación en el cual tomaron parte el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de los EE.UU., el California Department of Fish and Game, y varias agencias de investigación y administración en México. El objetivo del programa es determinar el tamaño de la población y la condición reproductora de la sardina de California, que habita aguas frente a Alta y Baja California.

Asimismo durante 1995, el personal de la CIAT continuó su estrecha colaboración con agencias pesqueras de naciones afiliadas a la CIAT y con organismos similares de diversos países no afiliados. Por ejemplo, el Dr. James Joseph es miembro del Comité sobre Pesquerías del Consejo de Estudios Oceánicos de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, y el Dr. Richard B. Deriso es Copresidente del Comité sobre Métodos de Evaluación de Stocks de Peces del Consejo Nacional de Investigación de los EE.UU., y miembro del Comité Científico y Estadístico del Consejo de Administración de Pesquerías del Pacífico Occidental de los Estados Unidos y del Comité de Revisión del California Sea Grant, el Dr. William H. Bayliff y el Sr. Patrick K. Tomlinson forman parte de la junta editorial de *Investigaciones Marinas CICIMAR*, publicado por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional en La Paz (México), y el Dr. Ashley J. Mullen es Editor Asociado de *Natural Resource Modeling*, revista publicada por el Rocky Mountain Mathematics Consortium en asociación con la Resource Modeling Association. El Sr. Felipe Galván Magaña, de CICIMAR y el Dr. Robert J. Olson, de la CIAT, están realizando actualmente un estudio conjunto de las interacciones tróficas del atún aleta amarilla, los delfines, y predadores asociados en el Océano Pacífico oriental. En la sección del presente informe titulada ***Interacciones tróficas de atunes aleta amarilla, delfines, y predadores asociados*** se describe ese trabajo.

Desde 1977 los investigadores de la CIAT capacitan observadores para la toma de datos a bordo de barcos atuneros sobre la abundancia, la mortalidad, y otros aspectos de la biología de los delfines. Además, estos observadores colectan contenidos estomacales y muestras de gónadas y otros tejidos de aleta amarilla, reúnen datos sobre las capturas incidentales de especies aparte de atunes y delfines, registran información sobre objetos flotantes y la flora y fauna con ellos asociadas, etcétera. Diversas organizaciones gubernamentales e instituciones educativas, así como representantes del sector industrial, han colaborado activamente en el entrenamiento y embarque de estos observadores. Datos reunidos por los programas de observadores de México y los Estados Unidos son proporcionados al personal de la CIAT para análisis.

A través de los años, científicos y estudiantes de muchos países han realizado visitas de distinta duración a la oficina principal y el Laboratorio de Achotines de la CIAT, para informarse sobre métodos de investigación o utilizar las instalaciones y los datos de la CIAT para sus estudios. En la sección titulada **CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA** se enumeran aquellos cuyas visitas duraron más de 2 semanas. Asimismo, científicos de la CIAT que viajan a otros países por razones profesionales con frecuencia ayudan a los científicos de aquellos países con sus investigaciones relacionadas a la pesca del atún, y de vez en cuando viajan al extranjero con el propósito específico de prestar ayuda en tales programas investigativos. Durante 1995 el Sr. Alejandro A. Anganuzzi enseñó un curso sobre la aplicación de la estadística espacial a la ecología en la Universidad Autónoma de Baja California en Ensenada (México), y el Sr. Patrick K. Tomlinson dictó un curso sobre el manejo de las pesquerías en CICIMAR, en La Paz (México).

El laboratorio de investigación de la CIAT en Achotines (República de Panamá), descrito en la sección titulada **OFICINAS REGIONALES**, permite una colaboración más estrecha entre los investigadores de la CIAT y el personal de las agencias pesqueras panameñas. Los investigadores de la CIAT han ayudado a científicos locales con proyectos de investigación fuera del campo de los túnidos, sobre los pargos, por ejemplo, analizados en la sección titulada *Estudios del recurso de pargo*.

Hacia fines de 1993, la Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) del Japón, el gobierno de la República de Panamá, y la CIAT acordaron emprender un proyecto conjunto de cinco años de duración, subvencionado principalmente por la OFCF, en el Laboratorio de Achotines. El proyecto, cuya fase inicial comenzó en 1994, abarca la investigación de la viabilidad de criar atunes aleta amarilla adultos, pargos (*Lutjanidae*), y corvinas y especies afines (*Sciaenidae*) para suministrar larvas para la investigación, y la producción de organismos de alimento para sus larvas y juveniles.

A través de los años, técnicos de la CIAT han colectado muestras de tejido de atunes y peces picudos para usar en estudios de genética llevados a cabo por científicos de otras entidades. En 1995 fueron tomadas muestras de tejido de atunes patudo y peces vela para la División de Pesquerías del Commonwealth Scientific and Industrial Organization en Hobart (Australia) y el Instituto de Ciencias Marinas de Virginia del Colegio de William y Mary en Gloucester Point, Virginia (EE.UU.). (La CIAT brinda también apoyo económico a algunos de los estudios realizados en esta segunda institución.)

### CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA

El Dr. Alain Fonteneau, del Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) de Francia, radicado en el Centre de Recherches Océanographiques de Dakar, (Senegal), permaneció en las oficinas de la CIAT en La Jolla durante 1995. Está llevando a cabo un estudio comparativo de los parámetros biológicos importantes de los atunes tropicales de varias partes del mundo.

El Dr. Laurent Dagorn, de ORSTOM, pasó la mayor parte de 1995 en las oficinas principales de la CIAT en La Jolla, donde trabajó en (1) un análisis de los métodos cuantitativos usados en la interpretación de datos genéticos y (2) un estudio de la variabilidad de los cardúmenes de atunes y la relación entre esa variabilidad y las condiciones ambientales.

El Sr. Evgeny V. Romanov, del Instituto Sureño de Investigación Científica de Pesquerías Marinas y Oceanografía en Kerch (Ucrania), pasó parte del mes de mayo en las oficinas de la CIAT en La Jolla, donde se informó sobre el programa de investigación de la CIAT y amplió sus conocimientos de la investigación atunera en general.

El Sr. Koji Uosaki, del National Research Institute of Far Seas Fisheries en Shimizu (Japón), comenzó una estancia de un año en las oficinas principales de la CIAT en mayo de 1995. Trabajó en un análisis de la pesquería palangrera japonesa de atunes y peces picudos en el Océano Pacífico oriental durante el período de 1988-1992 y sobre varios otros aspectos de la biología del atún patudo y los peces picudos.

El Sr. Jason Mubarak, estudiante de posgraduado de la Universidad Duke en Durham, Carolina del Norte (EE.UU.), pasó los meses de julio y agosto en las oficinas de la CIAT en La Jolla, donde estudió los efectos ecológicos de las capturas incidentales en la pesquería atunera con red de cerco.

El Sr. Rafael Solano, candidato de doctorado en la Universidad Autónoma de Baja California en Ensenada (México), pasó los meses de julio y agosto en las oficinas de la CIAT en La Jolla, donde fue asesorado en sus investigaciones de la delimitación de estratos espaciales basados en factores ecológicos en el Océano Pacífico oriental por investigadores de la CIAT.

El Sr. Anthony Chatwin, candidato de doctorado en la Universidad de São Paulo (Brasil) pasó la mayor parte del segundo semestre de 1995 en las oficinas de la CIAT en La Jolla, donde investigadores de la CIAT le ayudaron en su investigación de la biología reproductora y determinación de la edad de las melvas, *Auxis rochei*, y las bacoretas, *Euthynnus alleteratus*, frente a Brasil.

La Dra. Kathryn Dickson, de la Universidad Estatal de California en Fullerton, pasó un período de 5 meses en el Laboratorio de Achotines, donde trabajó en la respirometría de los atunes.

Los Sres. Peter Nelson y Philip Estes, de la Northern Arizona University, pasaron los meses de julio y agosto en el Laboratorio de Achotines. En la subsección titulada ***Reclutamiento de peces a balsas agregadoras*** se detallan sus actividades.

El Dr. Tadahisa Seikai, Director de la Estación de Investigación Pesquera de la Universidad de Kyoto, pasó el período del 7 al 24 de noviembre de 1995 en el Laboratorio de Achotines. En la subsección titulada ***Proyecto conjunto OFCF-Panamá-CIAT*** se describen sus actividades.

Las Srtas. Gisela Heckel y Yolanda Schram, estudiantes de posgraduado en la Universidad Autónoma de Baja California en Ensenada (México), pasaron los meses de octubre a diciembre en La Jolla, trabajando con el personal del Programa Atún-Delfín de la CIAT. Sus investigaciones se enfocan en las reacciones adaptivas en el comportamiento de los delfines a la persecución y el encierro.

## OFICINAS REGIONALES

La CIAT mantiene oficinas regionales en Manta (Ecuador); Mayaguez, Puerto Rico, (EE.UU.); Ensenada y Mazatlán (México); Panamá (República de Panamá); y Cumaná (Venezuela). Los científicos y técnicos allí radicados obtienen estadísticas de los desembarcos, recopilan las bitácoras de los barcos atuneros para obtener datos de captura y esfuerzo, toman medidas y demás datos biológicos de los peces, y colaboran en la capacitación y embarque de los observadores que acompañan a los barcos que participan en el Programa Atún-Delfín de la CIAT. Este trabajo no sólo se lleva a cabo en los puertos arriba nombrados, sino que también se efectúa en otros puertos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú, Puerto Rico, y Venezuela, visitados regularmente por el personal de las oficinas regionales.

La CIAT mantiene además un laboratorio en la República de Panamá, situado en la Bahía de Achotines, al oeste de Punta Mala en la Península de Azuero. Dicho laboratorio es usado prin-

principalmente para estudios de las primeras etapas del ciclo vital de los atunes. Estos estudios son muy importantes, ya que información sobre el ciclo vital de los atunes antes de su reclutamiento a la pesquería servirá para reducir la incertidumbre en las evaluaciones de la condición de los diversos stocks de túnidos. La CIAT está ampliando las instalaciones del laboratorio para poder acomodar el proyecto conjunto, arriba descrito, de la Overseas Fishery Cooperation Foundation del Japón, el gobierno de la República de Panamá, y la CIAT. Una vez completadas las obras, se dispondrá de más espacio para investigadores de otras agencias, tales como la Dirección General de Recursos Marinos de Panamá y la Universidad de Panamá.

## PUBLICACIONES

La publicación pronta y completa de los resultados de la investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la CIAT. Por este medio los gobiernos miembros, la comunidad científica, y el público en general se mantienen informados de los resultados de las investigaciones realizadas por los científicos de la CIAT. La publicación de datos básicos, métodos de análisis, y las conclusiones resultantes permiten que otros investigadores evalúen y critiquen los estudios, lo que sirve para verificar la validez de los resultados logrados por el personal de la CIAT y despertar el interés de otros investigadores en su labor. Para fines de 1995 el personal de la CIAT había publicado 138 boletines, 44 informes anuales, 8 informes especiales, 8 informes de datos, 8 libros, y 444 capítulos, trabajos, y artículos en libros y revistas externas. En el Anexo 6 del presente informe se detallan las contribuciones del equipo de investigadores publicadas durante 1995.

## LA PESQUERIA

### ESTADISTICAS DE CAPTURAS Y DESEMBARCOS

El área de interés principal para el personal de la CIAT es el Océano Pacífico oriental (OPO), actualmente definido como la zona entre el litoral de las Américas y 150°W.

Los datos estadísticos obtenidos en las oficinas regionales de la Comisión son recopilados y procesados de forma continua. Se obtienen así estimaciones de estadísticas pesqueras de diversos grados de exactitud y precisión. Ya que se puede tardar un año o más en obtener cierta información definitiva, y ya que se ha ido actualizando los datos de años anteriores, las estadísticas anuales aquí presentadas son las más actuales, y reemplazan aquellas publicadas anteriormente. Los tonelajes de pescado capturado se expresan en toneladas cortas.

En la Tabla 1 se presentan estimaciones anuales de la captura de las distintas especies de atunes y otros peces desembarcados por la flota del OPO que pesca atunes con artes de superficie (ver sección siguiente). En las Tablas 20, 21, y 33 se detallan las capturas subsuperficiales (con palangre) en el OPO de atunes aleta amarilla (*Thunnus albacares*), patudo (*T. obesus*), y aleta azul (*T. thynnus*), respectivamente. Los datos de captura de aleta amarilla en el ARCAA y de barrilete (*Katsuwonus pelamis*) en el OPO son casi completos, salvo cantidades mínimas capturadas por las pesquerías palangrera, deportiva, y artesanal. Las descargas incluyen capturas deportivas descargadas en California. En el caso del aleta azul, estas descargas forman un componente cada vez más importante de la captura en los últimos años (Tabla 33). Los datos de captura del Océano Pacífico occidental y el Océano Atlántico señalados en la Tabla 1 no son estimaciones de la captura total en dichas zonas puesto que no incluyen datos de embarcaciones que no pescaron en el OPO durante el año en cuestión.

No se impusieron restricciones sobre la pesca del atún en el OPO entre 1980 y 1994, aunque la reglamentación de aquellos cerqueros que dirigen su esfuerzo hacia atunes asociados con delfines afectó probablemente el modo de operación de esos barcos, especialmente a fines de los años 80 y principios de los 90. Se están realizando actualmente estudios que permitirán cuantificar este efecto, pero no se dispone todavía de resultados útiles, y por lo tanto se comparan los datos de 1995 con aquellos de 1980-1994. Hacia mediados de 1982 comenzó un evento importante de El Niño que persistió hasta fines de 1983; en ese período fueron bajas las tasas de captura en el OPO, lo cual llevó al traslado de varios barcos al Pacífico occidental y a un esfuerzo de pesca relativamente bajo durante 1984-1986.

En el ARCAA la captura anual media de aleta amarilla durante 1980-1994 fue 210,4 mil toneladas (rango: 90,4 a 294,6), y la estimación preliminar de la captura en 1995 es de unas 216,6 mil toneladas. Las cifras correspondientes para el área entre el límite del ARCAA y 150°W son 27,0 mil toneladas (rango: 13,5 a 51,8) y unas 31,0 mil toneladas. La captura estimada de la especie en el OPO en 1995, unas 247,6 mil toneladas, es bien inferior al valor máximo de 319,0 mil toneladas registrado en 1989, pero no significamente diferente al promedio de 1980-1994 de 238,3 mil toneladas.

Durante 1980-1994 la captura media anual de barrilete en el OPO fue 88,3 mil toneladas (rango: 54,5 a 143,8). La estimación preliminar para 1995, unas 144,8 mil toneladas, es ligeramente superior al máximo previo del periodo, 143,8 mil toneladas en 1980.

El aleta amarilla y barrilete forman la mayor parte de la captura total del OPO, pero el patudo, aleta azul, albacora (*Thunnus alalunga*), barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), bonito (*Sarda orientalis*), y otras especies contribuyen también. La captura total de estas otras especies en el OPO fue unas 49,3 mil toneladas en 1995, comparado con el promedio de 1980-1994 de 17,8 mil toneladas (rango: 8,2 a 43,4). Este nivel de captura sin precedente de estas otras especies se debió a una captura récord de unas 36,5 mil toneladas de patudo, y refleja una continuación de la práctica de dirigir esfuerzo hacia esa especie.

En la Figura 2 se ilustra la distribución anual media de las capturas de aleta amarilla por barcos cerqueros registradas en el OPO en 1980-1994, y en la Figura 3 una estimación preliminar para 1995. Las áreas de mayor captura varían de acuerdo a cambios en las condiciones de pesca durante el año. La captura de aleta amarilla en el primer trimestre de 1995 fue generalmente limitada a regiones dentro del ARCAA, la mayoría de ellas cerca de la costa de América del Norte y Centroamérica, cerca del Domo de Costa Rica, y a lo largo de la Zona de Convergencia Intertropical. La pesca fue buena también en alta mar en el hemisferio sur desde 10°S hasta 18°S entre 80°W y 90°W. Durante el segundo trimestre continuaron estas capturas costeras, con capturas altas entre 5°N y 23°N. El área de capturas elevadas evidente en el sur del Mar de Cortez durante el primer trimestre se extendió al norte durante el segundo trimestre. En ese trimestre aumentaron las capturas de alta mar entre 5°N y 15°N desde 110°W hasta 125°W, en la confluencia de la Corriente del Pacífico Norte y la Corriente Ecuatorial del Norte, que fluye hacia occidente. Además, se amplió el área de capturas relativamente elevadas alrededor del Domo de Costa Rica. Las capturas en el tercer trimestre estuvieron concentradas en tres regiones: (1) el área frente a Baja California entre 24°N y 27°N en la parte sur del Mar de Cortez, (2) la región costera frente al Golfo de Guayaquil y el norte de Perú, y (3) el área de altura entre 8°N y 14°N desde 115°W hasta 130°W. Durante el cuarto trimestre continuó la pesca en la mayor parte del OPO, con áreas de capturas elevadas entre 3°S y 7°S alrededor de 80-85°W y 110-115°W. La pesca siguió buena cerca de la punta de Baja California, y las capturas volvieron a aumentar en la parte norte del Mar de Cortez.



En la Figura 4 se ilustra la distribución anual media de las capturas cerqueras de barrilete en el OPO durante 1980-1994, y en la Figura 5 una estimación preliminar para 1995. Durante el primer trimestre de 1995 las capturas de barrilete estuvieron distribuidas por toda la región entre 18°S y 5°S desde 80°W hasta 90°W. Hubo también una pequeña región de capturas elevadas en y cerca del Golfo de Guayaquil durante ese trimestre. La zona de mayor captura de barrilete se trasladó al norte, a la región del Golfo de Panamá, durante el segundo trimestre. A medida que avanzó el año, las capturas en el Golfo de Panamá disminuyeron, y para el cuarto trimestre permanecían unas pocas regiones de capturas elevadas cerca del Golfo de Guayaquil y en la región de 2°N a 4°N entre 95°W y 105°W.

El atún patudo ha sido capturado con mayor frecuencia en aguas ecuatoriales por las artes de superficie en el OPO (Figura 6). El aumento en las capturas de patudo en 1994 y 1995 se debe al descubrimiento, hecho a fines de 1993, de que los patudos asociados con objetos flotantes, pero a bastante profundidad, pueden ser detectados con equipo de sonar y capturados con red de cerco. Muchos de estos objetos flotantes son artificiales, colocados en el agua por los pescadores para atraer peces. Este método de pesca resultó en la captura de más de 36 mil toneladas de patudo en 1995. La mayoría del patudo fue capturado entre 5°N y 10°S desde 85°W hasta 120°W (Figuras 7 y 8).

En la Tablas 2 y 3 se detallan las capturas en el OPO, clasificadas por bandera, y las descargas de pescado capturado en el OPO, clasificadas por país, correspondientes a 1994 y a estimaciones preliminares para 1995. La captura estimada de todas las especies en el OPO en 1995 fue unas 441,8 mil toneladas, cantidad que bate el récord anterior de 415,6 mil toneladas, establecido en 1978. Barcos de México, Ecuador, Venezuela, y Vanuatu respondieron del 37, 14, 13, y 12%, respectivamente, de este total. Las descargas representan pescado descargado en un año civil, sin tener en cuenta el año de captura. El país de descarga es aquel en el cual el pescado fue descargado del barco pesquero o, en el caso de trasbordos, el que recibió el pescado trasbordado. Datos preliminares (Tabla 3) señalan que de las 439,4 mil toneladas descargadas en 1995, 137,3 mil (31%) fueron descargadas en Ecuador; le siguen México (115,2 mil toneladas; 26%), Venezuela (39,5 mil toneladas; 9%), y Colombia y los Estados Unidos (34,3 y 34,0 mil toneladas, respectivamente; 8% cada uno). Es importante notar que cuando se disponga de información final los países a los que se asignan actualmente algunas descargas podrían cambiar debido a la exportación de pescado almacenado a procesadoras en otros países.

Los atunes son capturados con redes de cerco en tres tipos de cardúmenes: asociados con delfines, con objetos flotantes (tales como troncos de árboles), y no asociados con nada excepto otros peces. En la Tabla 4 se presentan datos del número de lances registrado de cada tipo, las capturas de atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo, y las capturas totales de estas especies con red de cerco. El número de lances sobre atunes asociados con objetos flotantes y no asociados fue máximo entre mediados de los años 70 y principios de los 80. Algunos grupos e individuos preocupados por el medio ambiente se oponen a la pesca de atunes asociados con delfines, pero pese a esto, y a la decisión de la industria enlatadora de los Estados Unidos de no comprar atún capturado en viajes en los cuales se realizaron lances sobre atunes asociados con delfines, el número de lances de este tipo y las capturas resultantes han disminuido tan sólo moderadamente. Las capturas registradas en esos lances alcanzaron una máxima de unas 192,4 mil toneladas en 1989, luego disminuyeron a una mínima de unas 117,2 mil toneladas en 1993. Subsecuentemente, las capturas obtenidas en lances sobre delfines han aumentado progresivamente, alcanzando unas 137,1 mil toneladas (un 71% del récord de 1989) en 1995.

Los barcos atuneros que pescan en el OPO pescan de vez en cuando en otras zonas en el mismo año (Tabla 1). En 1995, varios barcos que formaban parte de la flota del OPO pescaron

también en el Pacífico occidental y/o en el Atlántico y Caribe. En 1980-1994 la captura mediana lograda por estos barcos en el Pacífico occidental fue unas 6,4 mil toneladas (rango: 0,1 a 83,6), y en el Atlántico y Caribe unas 8,4 mil toneladas (rango 0,5 a 17,3). Las capturas máximas realizadas en otras áreas por barcos de la flota atunera del OPO fueron logradas en 1983, año en el cual se registró la captura más baja en el OPO (180,4 mil toneladas) desde 1962 (177,7 mil toneladas). Las estimaciones preliminares indican que las capturas totales de 1995 en esas zonas por barcos de la flota atunera del OPO se cifraron en unas 0,7 mil toneladas en el Pacífico occidental y 1,8 mil toneladas en el Atlántico y Caribe.

Bajo las estipulaciones del Convenio que estableció la CIAT, el objetivo principal de las investigaciones del personal de la Comisión es vigilar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas por la pesca atunera del OPO. Tomando en cuenta los desplazamientos extensos de los atunes, la movilidad de los barcos de las flotas atuneras de los distintos países, y el carácter internacional del comercio del atún, las estadísticas de captura y esfuerzo del OPO deben ser vistas a la luz de las estadísticas mundiales. En las Figuras 9 y 10 se presentan las estadísticas de las capturas mundiales de atunes y especies afines en 1994, el año más reciente para el cual se dispone de datos. En la Tabla 5 y la Figura 11 se presentan las estadísticas de las capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1975-1994, por océano.

#### LA FLOTA ATUNERA DEL PACIFICO ORIENTAL

El personal de la CIAT mantiene registros del arte de pesca, bandera, y capacidad de acarreo de la mayoría de los barcos que pescan atunes aleta amarilla, barrilete, o aleta azul en el Océano Pacífico al este de 150°W (OPO). No se mantienen registros de los barcos palangreros de bandera de países de Lejano Oriente, ni de barcos de pesca deportiva ni embarcaciones pequeñas tales como canoas y lanchas. La flota del Pacífico oriental aquí descrita incluye barcos que pescaron aleta amarilla, barrilete, o aleta azul en el OPO durante el año entero o parte del mismo.

Se usan las estimaciones de capacidad del armador del barco o del astillero a menos de que los registros de descarga indiquen que sea apropiado revisarlas. Para los registros se clasifican los barcos de acuerdo a su capacidad de acarreo en las siguientes clases: Clase 1, menos de 51 toneladas cortas; Clase 2, 51-100 toneladas; Clase 3, 101-200 toneladas; Clase 4, 201-300 toneladas; Clase 5, 301-400 toneladas; y Clase 6, más de 400 toneladas. Con la excepción de los palangreros y las embarcaciones pequeñas misceláneas descritas en el párrafo anterior, se incluyen todos los barcos que pescaron en el OPO durante el año en las estimaciones anuales del tamaño de la flota de superficie.

Hasta aproximadamente 1960 predominaron en la pesca atunera en el OPO los barcos de carnada, que faenaban en las zonas costeras y cerca de islas de altamar. Hacia fines de los años 50 y a principios de los 60, la mayoría de los barcos de carnada grandes fueron convertidos en cerqueros, y para 1961 esta arte predominaba en la flota de superficie del OPO. Entre 1961 y 1991 el número de barcos de carnada se redujo de unos 95 a 20, nivel donde permanece todavía, y su capacidad disminuyó de unas 10,5 mil a unas 1,5 mil toneladas. En el mismo período el número de cerqueros aumentó de 124 a 152, y la capacidad de 30 mil a 117 mil toneladas. Tanto el número como la capacidad alcanzaron un máximo en 1978-1981, cuando el número de barcos osciló entre 248 y 268, y la capacidad entre 181 y 185 mil toneladas (Tabla 6).

La construcción de nuevos cerqueros de mayor tamaño, comenzada a mediados de los años 60, resultó en un aumento en la capacidad de la flota de 46 mil toneladas en 1966 a 185 mil en 1976. Entre 1977 y 1981 la capacidad permaneció bastante estable. Continuó la construcción de barcos nuevos durante este período, pero la capacidad adicional se vio compensada por pérdidas

ocasionadas por barcos hundidos o que abandonaron la pesquería. En 1982 ocurrió una reducción de 17 mil toneladas en la capacidad total, debido al retiro de barcos o a su traslado a otras zonas de pesca, principalmente el Pacífico occidental. Esta tendencia continuó en 1983 a medida que disminuyeron las tasas de captura en el OPO, principalmente a raíz de las condiciones oceánicas anómalas de 1982-1983. En 1983 la capacidad se redujo en 26 mil toneladas, y en 1984 en 27 mil toneladas más; en aquel año alcanzó el nivel más bajo desde 1971, unas 118 mil toneladas. No obstante, en 1985 aumentó a unas 132 mil toneladas, debido principalmente al regreso de barcos del Pacífico occidental, pero en 1986 volvió a reducirse ligeramente a unas 126 mil toneladas. Durante 1987 ingresaron a la flota varios barcos nuevos, y otros regresaron del Pacífico occidental al OPO a pescar, lo cual resultó en un aumento en la capacidad a unas 146 mil toneladas. Esta tendencia continuó en 1988, resultando en una capacidad total de 151 mil toneladas, la mayor desde 1982. En la primavera de 1990 la industria enlatadora de los Estados Unidos decidió no comprar más atún capturado en viajes en los cuales se realizaron lances sobre atunes asociados con delfines. Esto llevó a que muchas de las embarcaciones de bandera de Estados Unidos que pescaban en el OPO abandonaran el área y se fueran a pescar en el Atlántico o el Pacífico occidental. Las enlatadoras han continuado esta política, resultando en una mayor reducción en el número de barcos estadounidenses pescando en el OPO, y una disminución consecuente en la flota del OPO de 112 mil en 1992. Con la mayor participación de barcos de otras naciones en la pesquería, la capacidad ha aumentado progresivamente desde 1992, y en 1995 se cifró en unas 118 mil toneladas.

En la Tabla 7 se presentan los datos finales de 1994 y preliminares de 1995 del número y capacidad de acarreo de barcos de arte de superficie de la flota atunera del OPO. Predominaron barcos de bandera mexicana y venezolana, que juntos respondieron del 53% de la capacidad total de la flota. Desde 1987 la flota más grande ha sido la mexicana, con un 36% de la capacidad total en 1995, mientras que la venezolana formó el 17% del total. En 1990 la flota de los Estados Unidos incluía 29 cerqueros grandes, con una capacidad total de unas 30,1 mil toneladas, pero tras la adopción de la política "sin delfines" disminuyó a 13 barcos en 1991 y 8 en 1992, donde permaneció en 1993. Para fines de 1995 faenaban en el OPO solamente cinco cerqueros grandes estadounidenses, con una capacidad total de unas 6,0 mil toneladas. La decisión de las enlatadoras estadounidenses no ha afectado significativamente el tamaño de las demás flotas nacionales faenando en el OPO, pero en los últimos años el número de lances sobre delfines se ha reducido moderadamente (Tabla 4).

La mayoría de la capacidad total de la flota atunera del OPO consiste de embarcaciones cerqueras de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo; este tipo de barco respondió del 87% de la capacidad total faenando en el OPO en 1995.

En la Figura 12 se presentan los valores medios, mínimos, y máximos mensuales del tonelaje de capacidad en el mar (CEM) en el OPO durante 1980-1994, junto con aquellos de 1995. Los valores mensuales son los promedios de los valores de las estimaciones de la CEM publicadas en el informe semanal preparado por el personal de la CIAT. Se escogieron los valores de 1980-1994 para comparar con los de 1995 porque los años anteriores, en los cuales regían reglamentaciones, muestran distribuciones temporales del esfuerzo algo diferentes, a raíz de la restricción de la pesca del aleta amarilla en el ARCAA. En general, al igual que en 1994, los valores de la CEM en 1995 son generalmente inferiores a los valores medios de los 15 años anteriores (1980-1994).

Durante el período de 1980-1994 un promedio del 52% de la capacidad de la flota de superficie estuvo en el mar cada mes; en 1995 el promedio fue de 55%. Por lo tanto, mientras la capacidad total de la flota en 1995 fue similar al mínimo histórico desde la introducción de los grandes barcos cerqueros, el esfuerzo de pesca realizado por la flota, en términos de la proporción

de la CEM de la flota, fue mayor al promedio observado en los quince años anteriores. Los valores extremos de la CEM media mensual fueron el 38% observado en 1983-1984, durante y después del Niño de 1982-1983, y el 61% observado en 1989.

### **CAPTURA POR TONELADA DE CAPACIDAD DE ACARREO**

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) total de la flota atunera del Océano Pacífico oriental (OPO) proporciona un índice de las tendencias en el ingreso anual bruto relativo correspondiente a las distintas clases de arqueo. A fin de lograr más detalle en este índice de lo que proporcionan las seis clases de arqueo usadas tradicionalmente por la Comisión para clasificar los barcos, se identificaron las clases de arqueo siguientes: 1) <301 toneladas; 2) 301-400 toneladas; 3) 401-600 toneladas; 4) 601-800 toneladas; 5) 801-1000 toneladas; 6) 1001-1200 toneladas; 7) 1201-1400 toneladas; y 8) >1400 toneladas.

En la Tabla 8 se presentan las estimaciones de la CPTCA en 1985-1995 correspondientes al OPO y a todas las áreas oceánicas de pesca en las cuales barcos de la flota atunera del OPO capturaron pescado, por clase de arqueo, área, y especie. La CPTCA de los barcos mayores consiste principalmente de aleta amarilla y barrilete, mientras que otras especies, entre ellas otros atunes y peces misceláneos, forman una parte importante de la CPTCA de los barcos más pequeños en muchos años. En años anteriores, y en aquellos años cuando la mayoría de la flota del OPO ejerce la mayoría de su esfuerzo de pesca en el OPO, las CPTCA del OPO y de todas las áreas oceánicas de pesca son casi iguales. Durante el período de 1985-1994, el promedio de las CPTCA de todos los barcos y todas las especies en el OPO fue 2,9 toneladas de pescado por tonelada de capacidad de acarreo (rango: 2,4 a 3,2); para el aleta amarilla, el promedio fue 2,2 toneladas (rango: 1,9 a 2,4), y para el barrilete, 0,6 toneladas (rango: 0,4 a 0,8). Las estimaciones preliminares para 1995 son 3,7, 2,1, y 1,2 toneladas para todas las especies, aleta amarilla, y barrilete, respectivamente. Los únicos años en los cuales el aleta amarilla y barrilete combinados formaron menos del 90% del total son 1994 y 1995.

### **CUOTAS DE ALETA AMARILLA**

El Director y el personal de la CIAT tienen la responsabilidad de realizar estudios de la biología de los atunes y especies afines que viven en el Océano Pacífico oriental y del efecto de la pesca sobre ellos, y de recomendar medidas de conservación apropiadas cuando sea necesario para permitir mantener los stocks de peces a niveles que permitan las capturas máximas sostenibles. Se recomendó una cuota de captura para el aleta amarilla en el ARCAA por primera vez en 1962, pero los gobiernos miembros no se pusieron de acuerdo sobre una cuota hasta 1966. Se fijó una cuota cada año entre 1966 y 1986 y entre 1988 y 1994 (Tabla 20); no se recomendó una cuota para 1987 porque la abundancia de aleta amarilla parecía estar al nivel más alto de años recientes, debido principalmente al reclutamiento excepcionalmente elevado de 1984 y 1985.

La Comisión celebró su 55ª reunión en La Jolla, California (EE.UU.) del 13 al 15 de junio de 1995. El personal de la Comisión recomendó una cuota para ese año de 235.000 toneladas cortas de aleta amarilla del ARCAA, con la opción de aumentar este tope por hasta tres incrementos de 20.000 toneladas cada uno (página 219). Esta cuota fue también aprobada.

## LA INVESTIGACION

### PROGRAMA ATUN-PICUDO

#### *Estudios de la pesquería palangrera*

Aunque la mayoría de las capturas de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) son realizadas con artes de superficie, varias pesquerías palangreras están capturando cantidades cada vez mayores. Una porción significativa de las capturas de esta pesquería consiste de peces picudos, a diferencia de las pesquerías atuneras comerciales de superficie.

Barcos palangreros japoneses comenzaron a pescar en el OPO a mediados de los años 50. Desde 1963, científicos japoneses han realizado visitas prolongadas a las oficinas principales de la CIAT en La Jolla, donde analizan datos de la pesquería palangrera japonesa en el OPO con científicos de la CIAT. Los resultados, correspondientes al período de 1956 a 1987, han sido publicados en la serie de Boletines de la CIAT y en otras revistas científicas. Un nuevo científico japonés comenzó una estadía de un año en La Jolla en mayo de 1995, y realizó estudios similares con datos de 1988-1992. Barcos palangreros de la República de China y la República de Corea también pescan en el OPO, pero en grado mucho menor que los barcos japoneses. Los barcos chinos dirigen su esfuerzo principalmente hacia la albacora, especie de aguas templadas que es rara vez capturada por barcos cerqueros que dirigen la mayoría o todo su esfuerzo hacia atunes tropicales.

A principios de la década de los 80 empezó a pescar en el OPO una empresa conjunta con barcos japoneses y coreanos, tripulados parcialmente por pescadores mexicanos. La empresa cesó de operar en 1989. Técnicos de la CIAT radicados en Ensenada (México) reunieron datos de captura, esfuerzo, captura por unidad de esfuerzo, y frecuencia de talla de esta pesquería, y se incorporó esta información a las varias bases de datos de la CIAT.

Recientemente se ha despertado de nuevo el interés en la pesca con palangre en el OPO. Unos pocos barcos palangreros pequeños habían pescado cerca de Hawaii desde hacía muchos años, pero últimamente esa flota se ha incrementado a unos 160 barcos, y algunos de ellos pescan al menos parte del tiempo en el OPO. A fines de 1992 comenzó a pescar en el OPO una flota de unos 15 a 20 barcos palangreros basados en Ventura (California), pero solamente alguno de esos barcos pescaron en ese área durante 1995. Varios barcos mexicanos basados en manzanillo pescaron con palangre en 1995, y representantes de la oficina de la CIAT en Mazatlán reunieron datos sobre sus actividades. Además, hay ahora flotas palangreras operando desde puertos de Chile, Costa Rica, y Ecuador, y se ha expresado interés en establecer pesquerías palangreras en otras naciones con litorales en el OPO.

Con la importancia incrementada de esta pesquería, en Latinoamérica y en los Estados Unidos, es menester que la CIAT establezca normas básicas para la toma de datos sobre el esfuerzo de pesca y las capturas para asegurar que cumpla sus responsabilidades de investigación y recomendaciones para la administración de las pesquerías en el OPO, y que los datos reunidos en el OPO sean consistentes con aquellos de otras regiones del mundo. Estos datos son esenciales para la evaluación de los distintos stocks de atunes y peces picudos, así como para el análisis de los efectos de la pesquería sobre las especies capturadas incidentalmente. Con este propósito, el personal de la CIAT ha actualizado el formato de los cuadernos de bitácora recomendados originalmente en 1987 por la Segunda Consulta *Ad Hoc* Sobre Datos Atuneros Mundiales convocada por la Organización para el Alimento y la Agricultura de las Naciones Unidas, a fin de reflejar cambios en el diseño y uso de las artes de pesca en anticipación de actualizar los cuadernos de

bitácora actualmente en uso en barcos latinoamericanos. El personal de la CIAT está también colaborando con representantes de otras entidades en el diseño de los cuadernos y de las bases de datos para las flotas palangreras del mundo.

### ***Composición de talla de la captura***

Las muestras de frecuencia de talla son la fuente básica de los datos usados para estimar la composición por talla y edad de las distintas especies de peces en las descargas. Esta información es necesaria para obtener estimaciones de las poblaciones estructuradas por edad, usadas para varios propósitos, entre ellos el modelado de las poblaciones con estructura de edades. Los resultados de dicho modelado pueden ser usados para estimar el reclutamiento, que puede ser comparado con la biomasa reproductora y las condiciones oceanográficas. Además, las estimaciones de mortalidad obtenidas a partir del modelado pueden ser usadas, en conjunto con las estimaciones del crecimiento, para el modelado del rendimiento por recluta. Los resultados de estudios de este tipo han sido descritos en diversos Boletines de la CIAT y en todos los Informes Anuales desde 1954.

Las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul, y barrilete negro capturados por barcos cerqueros, de carnada, y deportivos en el Océano Pacífico oriental (OPO) son tomadas por el personal de la CIAT en puertos de desembarco en Ecuador, los Estados Unidos (California y Puerto Rico), México, Panamá, y Venezuela. El muestreo de las capturas de aleta amarilla y barrilete fue iniciado en 1954, y continúa actualmente.

De la captura de 1995 se tomaron y procesaron 597 muestras de aleta amarilla, 495 de barrilete, 132 de patudo, 22 de aleta azul del norte, y 11 de barrilete negro. La mayoría de estas muestras fueron de 50 peces cada una. Se estratifican las muestras de frecuencia de talla de todas estas especies excepto el barrilete negro por área de medición (Figura 13), meses, y arte de pesca. Se describen los procedimientos de muestreo en detalle en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 6.

La Figura 14 consiste de histogramas de las capturas estimadas de aleta amarilla en 1995 en las áreas de medición del ARCAA (todas las áreas excepto las 10 y 11 en la Figura 13). En la figura, las áreas se presentan en un orden aproximado de norte (arriba) a sur (abajo). Aunque el rango de tallas es aproximadamente igual en todas las áreas, con casi todo el pescado entre 40 y 160 cm, las distribuciones varían considerablemente de área a área. En todas las áreas las distribuciones presentan indicios de al menos tres grupos modales. En las Areas 8 y 4 la separación entre los grupos no es clara, mientras que en las Areas 6, 7, y 13 los grupos modales están muy separados. Los pesos promedio varían de 4,7 kg (10,4 libras) en el Area 1 a 16,5 kg (36,3 libras) en el Area 2.

En la Figura 15 se presentan histogramas de las capturas estimadas de aleta amarilla en el ARCAA durante cada año del período de 1990-1995. En 1995 el peso promedio de los aletas amarillos capturados en el ARCAA fue 10,7 kg (23,6 libras), el valor más alto del período de 1990-1995.

La Figura 16 consiste de histogramas de las capturas estimadas de aleta amarilla en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W (las Areas 10 y 11 en la Figura 13) en cada año del período de 1990-1995. El mayor grupo modal de la distribución de 1995 está situado en los 120-140 cm, en aproximadamente el mismo lugar que las modas mayores de las distribuciones de 1990, 1991, y 1994. El peso promedio de 1995, 17,1 kg (37,8 libras) es ligeramente más alto que el de 1993, pero con esa excepción es el más bajo de la serie de seis años.

En la Figura 17 se presentan histogramas de las capturas estimadas de barrilete en las áreas de medición en el OPO durante 1995. A raíz de las bajas capturas en las Areas 2, 4, y 8, se

combinaron los datos de las cuatro áreas más norteñas (1, 2, 4, y 8). En estas áreas norteñas, y en las Areas 6 y 13, más del 75% de la captura de barrilete midió más de 55 cm de talla, en las Areas 5 y 7 más del 60%, y en las Areas 10 y 11 aproximadamente el 50%.

La Figura 18 consiste de histogramas de las capturas estimadas de barrilete en el OPO entero en cada año del período de 1990-1995. El peso promedio de 1995, 2,5 kg (5,6 libras), fue inferior a aquellos de 1990, 1991, y 1994, y muy similar a aquellos de 1992 y 1993.

Antes de 1994 la captura de superficie de patudo en el OPO era incidental a la de aleta amarilla y barrilete, y las capturas anuales (Tabla 1) y la cantidad de muestras de frecuencia de talla eran muy inferiores a las de esas dos especies. En 1994 y 1995, sin embargo, se capturó más patudo y se obtuvieron más muestras. En la Figura 19 se presentan histogramas de las capturas estimadas de patudo en las áreas de medición en el OPO durante 1995. Las capturas mayores, correspondientes a un 86% del total, ocurrieron en las Areas 7, 11, y 13. En estas áreas los grupos modales mayores se ubicaron entre los 60 y 80 cm. La Figura 20 consiste de histogramas de las capturas estimadas de patudo en cada año del período de 1990-1995. El peso promedio de 1995, 9,8 kg (21,7 libras), es ligeramente superior al de 1994, pero considerablemente inferior a los de 1990-1993.

El aleta azul del norte es capturado con artes de superficie frente a California y Baja California entre 23°N y 35°N, aproximadamente, principalmente entre mayo y octubre. En 1994 fue capturado entre 29°N y 33°N, la mayoría en julio y agosto. Se presentan en la Figura 21 histogramas de las capturas estimadas de aleta azul en cada año del período de 1990-1995. Las cantidades de muestras obtenidas de las capturas comerciales y deportivas son como sigue:

Año	Comercial	Deportiva
1990	14	0
1991	4	0
1992	1	1
1993	4	35
1994	2	11
1995	6	16

La mayoría del pescado de 1995 que forma el grupo modal en los 130-160 cm fue capturado con redes de cerco, y la mayoría de los del grupo modal centrado en los 90 cm con arte deportiva. El peso promedio de 1995, 40,5 kg (89,2 libras), superó al promedio de cualquier año del período de 1990-1994.

El barrilete negro es capturado incidentalmente por pescadores que dirigen su esfuerzo hacia los atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo. La demanda de la especie es baja, y la mayoría de la captura es desechada en el mar, pero a veces se retienen pequeñas cantidades, mezcladas con las especies más deseadas. En la Figura 22 se presentan distribuciones anuales porcentuales de frecuencia de talla de barriletes negros capturados en el OPO; no se intentó estimar la captura por intervalos de talla.

#### ***Comparación a nivel mundial de la biología de los atunes, las pesquerías atuneras, y métodos usados para evaluar los stocks de atunes***

El Dr. Alain Fonteneau, del Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), pasó 1995 en las oficinas principales de la CIAT en La Jolla, donde trabajó en un análisis comparativo de las principales características biológicas de los atunes (primordialmente los atunes tropicales, aleta amarilla, barrilete, y patudo) y del potencial para la pesca atunera de los Océanos Atlántico, Indico, y Pacífico.

Aunque se realizan comparaciones de este tipo rutinariamente, suelen ser poco sistemáticas, y nunca se había intentado un estudio completo a nivel mundial. La comparación abarca el crecimiento, la mortalidad natural, los desplazamientos y las migraciones, la madurez y el desove, la termoregulación, las pesquerías, y las relación de las pesquerías con las principales características ambientales. Se comparan los métodos de evaluación de stocks usados por los investigadores para las distintas especies en las distintas áreas y se analizan sus resultados.

Se ha preparado una base de datos mundial resumida, combinando datos compilados por la Organización para el Alimento y la Agricultura de las Naciones Unidas, el Programa para el Desarrollo y Manejo del Atún Indo-Pacífico, la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, y la CIAT. Esta base de datos, utilizable en una computadora personal con un programa fácil de manejar, puede ser puesta a disposición de cualquier científico interesado en usarla. Sirve para analizar y comparar los niveles, tendencias anuales, y variabilidad de las capturas de atunes en los varios océanos, en relación a las características principales, tales como las tallas en las áreas explotadas, de esos océanos.

Entre las comparaciones y análisis por realizar o ya realizadas figuran las siguientes:

1. Una comparación de las distribuciones geográficas de las distintas especies, a partir de datos de captura y de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) correspondientes a varias artes de pesca en el período de 1952-1993;
2. Una comparación de la variabilidad anual y estacional de las capturas y CPUE de las distintas pesquerías de los varios océanos, tomando en cuenta la variación estacional en las condiciones ambientales;
3. Un análisis de las relaciones entre las capturas estacionales y las CPUE de las distintas pesquerías y los principales parámetros ambientales (temperatura superficial del mar, las temperaturas a varias profundidades, pendientes térmicas, y niveles de oxígeno);
4. Una comparación de los cambios en las áreas de pesca explotadas por las distintas pesquerías en relación con los cambios en el nivel de las capturas. Este análisis permitirá una comparación entre la producción atunera y la productividad biológica de cada área.
5. Una comparación de las distribuciones de talla de los atunes capturados por las pesquerías de superficie y palangreras de cada océano.

Se está realizando un análisis crítico de los varios métodos usados para evaluar los stocks de atunes en cada océano. Este análisis, realizado en conjunto con las comparaciones de las pesquerías, podría llevar a una mejor comprensión del potencial y las limitaciones de estos métodos. Se están analizando e integrando los efectos de varios factores potencialmente importantes, por ejemplo el comportamiento de buscar la querencia, las fracciones ocultas (no disponibles) de las varias biomasas, y el alcance de la mezcla entre varios stocks, a fin de elaborar recomendaciones para investigaciones encaminadas a mejorar las evaluaciones de los stocks de atunes.

### ***Edad, crecimiento, y maduración del atún aleta amarilla***

Se está llevando a cabo una evaluación de la variabilidad geográfica de la talla y edad de maduración del aleta amarilla como parte de un estudio actual de la biología reproductora de esa especie en el Océano Pacífico oriental. El objetivo del estudio es investigar el crecimiento y maduración de aletas amarillas hembras tomadas de dos estratos de área-tiempo con abundancia relativamente alta de aleta amarilla, entre 22°N y 26°N y 109°W y 115°W durante julio-octubre de 1989 y entre 4°N y 10°N y 84°W y 89°W durante enero-marzo de 1989. Las temperaturas de la superficie del mar en estas dos áreas son muy diferentes: el agua es siempre considerablemente más fría en el área norteña. Fueron muestreados los ovarios y otolitos de aproximadamente 15 hembras de cada estrato en cada intervalo de talla de 10 cm entre 50 y 150 cm.



Se realizó un examen histológico detallado de los ovarios para permitir clasificar a los peces como maduros o inmaduros. Se les consideró maduros si (1) poseían ovocitos con yema avanzados, sin tener en cuenta la presencia de folículos postovulatorios, o (2) si los ovocitos del grupo más avanzado tenían yema parcial o estaban sin yema con indicios de atresia de etapa alfa y/o beta. Se clasificaron de inmaduras las hembras con ovocitos sin yema ni indicios de atresia.

Se efectuaron análisis de covarianza con las proporciones de peces maduros, por intervalos de 5 cm, para los dos estratos. Se excluyeron del análisis los intervalos de talla con proporciones maduras de 0 ó 1. Para satisfacer el requisito de que los datos estén distribuidos de forma normal, los cálculos fueron realizados con los arcosenos de las raíces cuadradas de las proporciones. Hubo una diferencia significativa en los promedios ajustados entre las muestras del norte y del sur. Se ajustaron funciones de Gompertz a estos dos conjuntos de datos mediante un procedimiento de regresión no lineal ponderizada (Figura 23). La diferencia parece ser manifestada generalmente como un comienzo más temprano de la maduración en el área sureña, y no como una diferencia en la forma de las curvas una vez iniciada la maduración.

Un análisis de la microestructura de los otolitos sagitales para determinar la edad de los peces proporcionó la precisión necesaria para elucidar la variabilidad de su edad, crecimiento, y maduración. (La correspondencia entre los incrementos en los otolitos y la edad ha sido validada para el aleta amarilla en la mayoría de las tallas (Boletín de la CIAT, 17 (7) y 18 (6).) Los incrementos que yacían inmediatamente debajo de la superficie distal de la ságita fueron expuestos mediante grabación con aguafuerte al 1,5-3,5 N. Se usó una tira de acetato de celulosa para replicar la trayectoria de los incrementos. La réplica fue colocada en una platina de microscopio y tapada, y los incrementos fueron contados al menos tres a aumentos de entre 400 y 900. El promedio del número de incrementos en una de las ságitas de cada pez fue usado como estimación directa de su edad en días.

Se ajustaron funciones de Gompertz a las estimaciones de edad de los individuos cuya edad ha sido determinada, hasta ahora, a partir de estos dos conjuntos de datos (Figura 24). Puesto que la varianza alrededor de los datos transformados correspondientes al grupo del sur es tres veces mayor que la del grupo del norte, no fue apropiado comparar las ecuaciones de Gompertz estadísticamente. Sin embargo, la tasa de crecimiento de los peces del área sureña parece ser mayor que la de los peces del área norteña hasta justo antes de los 3 años de edad, en cual momento disminuye. La estimación de  $L_{\infty}$  de la ecuación de Gompertz es asimismo considerablemente más baja para los peces del sur que para los del norte. En general, para los peces existe una relación inversa entre la tasa de crecimiento y  $L_{\infty}$ . Las temperaturas más altas suelen estar asociadas con valores más elevados de la tasa de crecimiento y más bajos de  $L_{\infty}$ .

Se derivaron ecuaciones de Gompertz invertidas ajustando los datos con edad como variable dependiente a fin de estimar la edad de los peces a distintas tallas. La tabla siguiente resume los resultados de este estudio hasta la fecha, e indica las diferencias geográficas que aparecen en las edades estimadas correspondientes a las tallas a las cuales el 25, 50, y 75% de los peces eran maduros.

Proporción madura	Talla (mm)		Edad (años)	
	Norte	Sur	Norte	Sur
0.25	915	864	2.0	1.8
0.50	994	923	2.2	1.9
0.75	1094	997	2.5	2.1

Para cada proporción, los peces del sur eran más cortos y más jóvenes que los del norte.

Ya que el tamaño del cuerpo es un determinante importante de la madurez y fecundidad, la variabilidad en el crecimiento tiene consecuencias potencialmente importantes para la estimación de la productividad de la población. Será necesario determinar la edad de unos 60 a 100 individuos más para poder establecer con certeza los patrones de crecimiento y maduración a partir de estos dos conjuntos de datos.

### ***Hábitos alimenticios e interacciones tróficas de atunes aleta amarilla, delfines, y predadores asociados***

Durante 1993, la CIAT, en cooperación con el National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos, inició un estudio de los hábitos alimenticios y la dinámica trófica de atunes aleta amarilla, delfines, y otros predadores grandes que ocurren juntos y son capturados en agregaciones interespecíficas por barcos atuneros cerqueros en el Océano Pacífico oriental (OPO). El objetivo del estudio es contribuir a la comprensión de la naturaleza del vínculo atún-delfín. Los fondos para el estudio provinieron de una asignación especial del Congreso estadounidense para la investigación de nuevos métodos para ubicar y capturar atunes aleta amarilla sin captura incidental de delfines. En las páginas 214-216 del Informe Anual de la CIAT de 1994 se presenta mayor información sobre este estudio.

Se comenzó el análisis de los datos durante 1995. Para un examen preliminar de los datos, fueron estratificados por la hora de comienzo de los 89 lances sobre delfines, de 0600 a 0900 ( $n = 11$ ), 0900 a 1200 ( $n = 18$ ), 1200 a 1500 ( $n = 34$ ), y 1500 a 1800 ( $n = 26$ ). Los patrones diurnos de llenura de estómago y grado de digestión de las presas indican que los delfines manchados y tornillos comen muy poco durante el día. Rara vez tenían el estómago lleno o comida fresca en el estómago excepto a primera hora de la mañana. La ocurrencia de presas recién ingeridas y de estómagos más de 50% llenos disminuyó progresivamente entre el amanecer y el atardecer, sugiriendo que los delfines se alimentan principalmente de noche y a primera hora de la mañana. Los aletas amarillas tenían comida fresca en el estómago en la mañana y la tarde. La alimentación diurna es claramente más importante para los aletas amarillos que para los delfines, aunque los aparentemente los aletas amarillos también se alimentan de noche.

Las presas frescas en los estómagos de los delfines y aletas amarillas a primera hora de la mañana no eran similares, lo cual sugiere que se alimentaron en distintos lugares y/o antes de asociarse. La frecuencia de ocurrencia de partes duras (mandíbulas de cefalópodos y otolitos de peces) de organismos mesopelágicos retenidos en el estómago fue mayor para los delfines manchados y tornillos que para los aletas amarillas.

### ***Biología reproductora del atún barrilete***

Se supone generalmente que el barrilete en el Océano Pacífico oriental (OPO) origina de un desove en el Pacífico central y/o occidental. Se supone además que casi todos aquellos peces que no son capturados o que no mueren de causas naturales en el OPO regresan a las áreas de desove, completando el ciclo. Estas suposiciones se basan en evidencia de estadísticas de captura, datos del ciclo vital, datos genéticos bioquímicos, y, últimamente, la composición química de las partes duras.

Sin embargo, es posible que estas suposiciones no sean completamente válidas. Los resultados de investigaciones de la biología reproductora del barrilete en el OPO (Boletín de la CIAT, 5 (6)) indican algún desove frente a Centroamérica y en el área de las Islas Revillagigedo. Además, análisis de larvas (por ejemplo, Boletín de la CIAT, 6 (9); U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 69 (1): 3-77 y 70 (4): 153-1242; Far Seas Fish. Res. Lab., S Series, 12: Figura 8) indican que ocurre cierto desove de barrilete en las aguas de altura y, en menor grado, en aguas costeras del OPO.

Para delucidar la estructura de la población de barrilete, una investigación del potencial de desove del atún barrilete en el Océano Pacífico oriental (OPO) fue iniciada en 1995. Este programa consiste de dos partes. En la primera se muestrea ovarios de barrilete en plantas enlatadoras a fin de determinar su condición reproductora. El objetivo es comprobar la hipótesis (U.S. Fish Wild. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish., 512) que no ocurre desove significativo de barrilete en el OPO.

El muestreo en las enlatadoras comenzó en enero de 1995, con la colección de ovarios de barriletes de talla superior a los 50 cm. Para el fin del cuarto trimestre se había reunido 62 muestras, cada una formada por aproximadamente 25 hembras, todas de la captura de barcos cerqueros. Las características usadas para clasificar la condición reproductora de peces individuales son (1) el diámetro medio de los ovocitos de la moda más desarrollada y (2) la presencia o ausencia de ovocitos hidratados residuales. Es seguro que ocurre actividad reproductora en peces con ovocitos de diámetro igual o superior a los 0,55 mm. De los 1.127 ovarios procesados hasta la fecha, se clasificó a 521 (46%) como maduros, y al 88% de éstos como reproductivamente activos (Tabla 9). (Las áreas usadas en esta tabla son las mismas que usa la CIAT para el muestreo de las frecuencias de talla de los atunes (Figura 13).) A partir de datos sobre la temperatura superficial del mar (TSM) tomados en conjunto con información sobre la captura para cada una de estas muestras, parece que el barrilete es inactivo sexualmente a TSM de menos de 25°C (77°F). El 28% de las muestras procesadas fue tomado en estratos de área-tiempo con TSM inferior a este nivel.

Estos resultados preliminares indican que ocurre un desove significativo de barriletes de 50 cm o más de talla en áreas del OPO donde la TSM es igual o superior a los 25°C. Se abandonará el muestreo en las enlatadoras cuando ya no se esté procesando más pescado capturado en 1995. Se analizarán más detalladamente los datos una vez procesadas todas las muestras.

La segunda parte del programa (que hubiera sido cancelada de haber demostrado los resultados preliminares de la primera parte que ocurre poca o ninguna actividad reproductora en el OPO) implica la colección de ovarios en el mar para análisis histológicos similares a aquellos realizados con los ovarios de atunes aleta amarilla (Informe Anual de la CIAT de 1994: 212-214). Tiene como meta lograr una comprensión completa de la biología reproductora y potencial reproductor del barrilete en el OPO. El trabajo de campo comenzará en enero de 1996, cuando observadores a bordo de barcos cerqueros comenzarán el muestreo de ovarios de barrilete en el mar. Los tejidos serán colocados inmediatamente en formol neutro al 10%, adecuándolos para un examen microscópico detallado. El muestreo en el mar continuará durante dos años.

#### ***Edad y crecimiento del atún patudo***

La relación de crecimiento usada actualmente para la evaluación del stock de atún patudo en el Océano Pacífico oriental se basa en el análisis de frecuencias de talla de pescado capturado con palangre y red de cerco. En el transcurso de los años se ha tomado muchas muestras de pescado capturado con palangre, que consisten casi exclusivamente de peces grandes, pero no es posible obtener estimaciones confiables del crecimiento a partir de estas a causa de la superposición excesiva de las tallas de los peces de distintas edades. La mayoría del pescado capturado con redes cerco es de tamaño considerablemente inferior a aquel capturado con palangre, y por lo tanto las tallas de peces de distintas edades no se solapan tanto. No se dispone de muchas muestras de frecuencia de talla de patudos capturados con red de cerco para los años anteriores a 1994, ya que las capturas fueron bajas. Se acumularán muchas más muestras en los próximos años, siempre que las capturas realizadas por la pesquería cerquera sigan siendo tan elevadas como en 1994 y 1995. Sin embargo, el fenómeno de que el desove de patudo tenga lugar durante el año entero (Nankai Reg. Fish Res. Lab., Bull., 23: 131-208) significa que es poco probable que análisis de fre-

cuencias de talla de pescado capturado con redes de cerco puedan proveer información confiable sobre el crecimiento. En vista de esto, quedan claramente justificados estudios para procurar determinar la tasa de crecimiento del patudo y la edad de peces individuales por otros medios.

Han sido usados los otolitos de atunes aleta amarilla (CIAT, Boletín, 17 (7) y 18 (6)) y varios otros atunes para obtener determinaciones precisas de la edad y estimaciones exactas del crecimiento. El uso de esos métodos con el patudo podría proporcionar los datos necesarios para derivar relaciones exactas de edad-talla, necesarias para los modelos con estructura de edades usados en la evaluación de los stocks.

Hacia fines de 1995 comenzó una investigación de los otolitos del atún patudo y su utilidad para la estimación de la edad y crecimiento de la especie. El primer paso es identificar los incrementos y determinar la periodicidad de su deposición; para hacerlo se marcan patudos con una marca externa y se inyectan simultáneamente con oxitetraciclina, y luego se liberan. La tetraciclina es incorporada en el incremento en desarrollo en el borde del otolito, creando una marca que aparece fluorescente bajo luz ultravioleta. La periodicidad de deposición de los incrementos puede ser estimada a partir de los otolitos de peces recapturados antes marcados e inyectados, contando el número de incrementos entre la marca fluorescente y el borde del otolito y comparando este número con el período en libertad.

Durante la primera semana de diciembre de 1995 fueron iniciados experimentos de inyección con tetraciclina, marcado y recaptura de patudos como parte de un proyecto titulado "Un programa de marcado y liberación para las pesquerías de aleta amarilla y patudo con línea de mano y curricán en el Promontorio Submarino de Hawaii," subvencionado por el Programa de Investigación de Pesquerías Pelágicas del Instituto Conjunto de Investigación Marina y Atmosférica, Colegio de Ciencias y Tecnología Oceánicas y Terrestres de la Universidad de Hawaii en Manoa. El Dr. Kim N. Holland, del Instituto de Biología Marina de la Universidad de Hawaii, es el investigador principal para este proyecto. Cuarenta patudos juveniles, de talla entre 42 y 74 cm, capturados con curricán, línea de mano, y curricán vertical, fueron medidos, marcados, inyectados con 1,5 ml de solución de 100 mg/ml hidrócloro de oxitetraciclina, y liberados cerca de la boya meteorológica 2 de la NOAA (17°12'N-157°49'W) y el promontorio submarino de Cross (18°44'N-158°16'W), frente a la isla de Hawaii. Se ofrece una recompensa de US\$ 25 por la devolución de estos peces con información sobre la fecha de recaptura.

Hasta la fecha han sido recuperados seis peces, todos liberados en la Boya Meteorológica 2. Variaron en talla entre 42 y 65 cm, y permanecieron en libertad hasta 23 días. Se extraerá los otolitos sagitales de estos peces, y de otros recuperados subsecuentemente, para examinarlos. Esto brindará no sólo la oportunidad de examinar la periodicidad a corto plazo de deposición de incrementos, sino también de determinar rápidamente si la dosis de tetraciclina y la técnica son adecuadas para crear marcas en los otolitos de patudos. Una vez determinado esto, se realizará marcado e inyección adicionales de patudos, probablemente en los mismos lugares. Se ha fijado una meta de marcar e inyectar 1.000 patudos en 1996.

Si se descubre que es posible determinar la edad relativa de patudos individuales a partir de los otolitos, se iniciará un muestreo de patudos en el Océano Pacífico oriental para obtener otolitos con los cuales estimar la edad de los peces muestreados, y esta información será usada para estimar la tasa de crecimiento y, en conjunto con otros datos, la composición por edad de la captura.

#### ***Posibles relaciones entre la disponibilidad de atún aleta azul y abundancia de anchoas en el Océano Pacífico oriental***

Algunos científicos japoneses creen que la abundancia o disponibilidad del atún aleta azul cerca del Japón está relacionada con la abundancia de uno de sus alimentos principales, la sar-

dina japonesa (*Sardinops melanosticta*), en ese área. Es posible que valga lo mismo para el Océano Pacífico oriental (OPO), donde uno de los alimentos principales es la anchoa (*Engraulis mordax*).

La mayoría de los atunes aleta azul capturados en el OPO son de 1 ó 2 años de edad. Algunos de los de un año aparentemente abandonan el OPO al cabo de un verano, mientras que otros no salen hasta después de su segundo verano, y la proporción que permanece para el segundo año varía considerablemente de año a año (Boletín de la CIAT, 20 (9)). La abundancia de alimento en el OPO podría afectar esta proporción, y por lo tanto se examinaron las relaciones entre la disponibilidad de atún aleta azul y la abundancia de anchoas en el OPO.

Los datos usados en este estudio provinieron de las fuentes siguientes:

capturas e índices de disponibilidad de atún aleta azul - Informe Interno 23 de la CIAT: Tabla 3;

U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 91 (2): 348-361;

capturas de aletas azules de 1 y 2 años de edad - Boletín de la CIAT, 20 (9): Tabla 5;

índices de abundancia de anchoas - U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 91 (2): 348-361.

Las razones de aletas azules de 2 años de edad capturados en el año  $i + 1$  a los de 1 año de edad capturados en el año  $i$  fueron comparadas a los índices de abundancia de anchoas en los años  $i$  e  $i + 1$ , con base en la teoría de que si las anchoas abundaban era más probable que los aletas azules permanecieran en el OPO el segundo verano, y las dos variables estarían correlacionadas de forma positiva y significativa. En otras palabras, si escasearon las anchoas en el año  $i$  los aletas azules de 1 año de edad quizá abandonarían el OPO al fin de ese año, en cual caso la razón de peces de 2 años de edad:peces de 1 año de edad de la clase anual del año  $i - 1$  debería ser emparejada con la abundancia de anchoas en el año  $i$ . Alternativamente, si escasearon las anchoas al comienzo del año  $i + 1$ , los aletas azules de 2 años de edad quizá saldrían del OPO al principio de ese año, en cual caso la razón de peces de 2 años de edad:peces de 1 año de edad de la clase anual del año  $i - 2$  debería ser emparejada con la abundancia de anchoas en el año  $i$ . Se calcularon coeficientes de correlación, pero ninguno fue significativo. En algunos años estas razones fueron considerablemente superiores a 1, aparentemente debido a que la mayoría de los aletas azules migrantes de algunas clases anuales llegan al OPO como peces de 2 años de edad, y no de 1 año de edad (Boletín de la CIAT, 20 (9)). En vista de esto, no es sorprendente que ninguna de las correlaciones fuese significativa.

Es posible que en el futuro se pueda estimar cuál porción de los aletas azules de 2 años de edad en el OPO habían estado allí el año anterior. Se debería entonces calcular la razón de estos peces a los de 1 año de edad durante el año anterior para compararla con la abundancia de anchoas.

### ***Estudios del pez espada***

Han sido estandarizados los datos de captura y esfuerzo de peces espada capturados por barcos palangreros japoneses y mexicanos en el Océano Pacífico oriental (OPO) durante 1962-1987, usando un modelo matemático que incorpora información sobre la biología de peces espada y datos ambientales. A partir de estas estimaciones estandarizadas de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), se han preparado estimaciones de las distribuciones de abundancia relativa en áreas de 2° de latitud por 5° de longitud por bimestre. A continuación se combinaron estas estimaciones para obtener índices de abundancia para cada año. Las regiones principales de abundancia elevada de peces espada en el OPO son: (1) el área desde la costa de América del Sur hasta 150°W entre 10°S y el extremo de la cobertura de los datos de la pesquería palangrera en aproximadamente 32°S; y (2) una franja diagonal de unas 600 millas de anchura que atraviesa el OPO y cuyo límite sureño es delineado por una línea trazada desde 20°N en la costa de América del

Norte hasta 28°N en 150°W. Otras regiones de abundancia anual media elevada están situadas: (3) cerca de la costa de Centroamérica entre 8°N y 16°N; (4) frente a la costa de América del Sur hasta 90°W o 95°W entre 6°S y 2°N; y (5) a lo largo de la Zona de Convergencia Intertropical desde 120°W hasta 135°W. Estas zonas se desplazan latitudinamente con las estaciones, pero persisten durante todo el año.

Han sido formuladas hipótesis sobre la estructura de stocks del pez espada en el OPO, usando datos biológicos, de CPUE, y genéticos. La información indica la existencia de un stock cuya distribución se centra en el sur del OPO, pero no queda claro si hay otro stock centrado en el norte del OPO. Los datos de frecuencia de talla y CPUE indican que ocurre una migración significativa de peces espada en el norte del OPO. Por lo tanto, aunque es posible que haya un stock cuya distribución se centra en el norte del OPO, ocurre un desplazamiento considerable de peces a través de 150°W, el límite geográfico occidental de este estudio.

Además de usar datos biológicos y distribucionales para examinar la estructura de stocks directamente, se examinó la estructura de stocks del pez espada en el OPO con el modelo Deriso-Schnute de poblaciones con retardos temporales (Hilborn y Walters, 1992, Quantitative Fisheries Stock Evaluation, Chapman and Hall, Nueva York y Londres: 330-348). Se formuló el modelo para representar (1) un sistema cerrado a la migración significativa a través de límites o (2) un sistema abierto a la migración; sin embargo, no se disponía de los datos necesarios para poder construir el modelo con un stock sureño separado. Los resultados no distinguían entre un OPO abierto a la migración y uno cerrado, y fue por lo tanto imposible distinguir entre las hipótesis de que (1) existe un solo stock de peces espada cuya distribución se centra en el OPO y cuyos límites aproximados son la costa oeste de las Américas y 150°W (por ejemplo, un stock sureño geográficamente separado), o (2) existe un solo stock de peces espada al igual que en (1), pero la región del OPO es también frecuentada por peces espada de stocks cuyas distribuciones se extienden mucho más allá de 150°W.

También se usó el modelo de Deriso-Schnute para estimar el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS) y el esfuerzo óptimo (EO). Estas estimaciones fueron muy sensibles a la presencia o ausencia de migración a través de 150°W, aunque todas las soluciones razonables arrojaron estimaciones del RPMS de pez espada en el OPO de menos de unas 7.000 tm (7.700 toneladas cortas) y estimaciones del EO de 113 millones de anzuelos estándar o menos. En comparación, en el periodo de 1962-1987 las capturas anuales de la especie en el OPO se incrementaron de menos de 1.500 tm (1.700 toneladas cortas) en los primeros años, alcanzando un promedio de unas 6.300 tm (6.900 toneladas cortas) en 1980-1985. En 1987 la captura alcanzó unas 9.200 tm (10.100 toneladas cortas), superando la estimación máxima del RPMS por un 31%, pero el esfuerzo necesario para lograr esta captura fue solamente unos 41 millones de anzuelos estándar. Los resultados del modelado indican que esta tasa de captura fue superior a lo que se lograría una vez reducida la biomasa de la población a lo esperado al nivel de RPMS.

Debido a la falta de una estimación directa de la abundancia del pez espada en el OPO y la falta de datos biológicos, tales como cambios en la capacidad reproductora por edad específica, es imposible determinar si los peces espada en el OPO tienen (1) una abundancia relativamente elevada y una productividad baja o (2) una abundancia relativamente baja y una productividad elevada. Las estimaciones del RPMS y EO aquí presentadas deberían ser consideradas con cautela, ya que el historial observado de disminuciones en las tasas de captura con aumentos en el esfuerzo de pesca proporciona una cantidad mínima de información con la cual modelar la dinámica de una población. Un examen preliminar de los datos de captura y esfuerzo de los años subsiguientes a 1987 indica que quizá se estabilizaron las tasas de captura durante esos años. Estos datos más recientes serán incorporados en análisis futuros de la condición de los stocks de

peces espada en el OPO. Hasta que se completen dichos análisis, es imposible estimar el nivel actual de los stocks de peces espada en el OPO con respecto al nivel que se puede esperar al nivel de RPMS.

### ***Estudios del ciclo vital temprano***

Desde hace ya muchos años los biólogos pesqueros creen que la fuerza de una clase anual se ve determinada principalmente durante las etapas tempranas del ciclo vital (huevo, larva, y/o juvenil temprano). Décadas de investigación han descubierto una cantidad considerable de información sobre las poblaciones de atunes adultos, pero se sabe relativamente poco acerca de las etapas tempranas del ciclo vital y los factores que afectan el reclutamiento de los juveniles a los stocks explotables. Estas consideraciones motivaron a la CIAT a establecer en la Bahía de Achotines, en la República de Panamá, un centro de investigación dedicado al estudio del ciclo vital temprano de los atunes.

La Bahía de Achotines está situada en la punta sur de la Península de Azuero en la Provincia de Los Santos, República de Panamá (Figura 25). La plataforma continental es bastante estrecha en este lugar: el contorno de 200 metros (109 brazas) se encuentra a entre 6 y 10 km (3 y 5 mn) del litoral. Este fenómeno les proporciona a los científicos del laboratorio un acceso fácil a aguas oceánicas donde ocurre desove de atunes en cada mes del año. La temperatura superficial del mar fluctúa entre 21° y 29°C. La Bahía de Achotines brinda una fuente de agua salada adecuada para mantener atunes vivos en el laboratorio. La proximidad del laboratorio al área de estudio ofrece una alternativa menos costosa que un buque de investigación, y permite una mayor flexibilidad y espontaneidad en el muestreo.

El programa de la CIAT de investigación de las etapas tempranas del ciclo vital abarca estudios de laboratorio y de campo ideados para lograr un mayor conocimiento del procedimiento de reclutamiento y de los factores que lo afectan. Investigaciones anteriores del reclutamiento de los peces sugieren que tanto los factores abióticos (temperatura y salinidad, por ejemplo) como los biológicos (alimentación, predación, etc.) pueden afectar el reclutamiento. Ya que la supervivencia antes del reclutamiento es controlada probablemente por una combinación de estos factores, el programa de investigación toma en cuenta la interacción entre el sistema biológico y el ambiente físico.

Gran parte del trabajo realizado en el Laboratorio de Achotines en los primeros años fue dedicado a desarrollar métodos de capturar, trasladar, y mantener vivos en cautiverio a los escómbridos. Escómbridos larvales tardíos (en etapas de flexión tardía del notocordio y postflexión) y juveniles tempranos (de talla estándar (TE) de entre 8 y 35 mm) para los experimentos de laboratorio y otros proyectos de investigación fueron capturados de noche, usando una luz submarina suspendida de una lancha. La luz atrae a los peces, que son capturados con salabre y trasladados vivos al laboratorio. Se han capturado y mantenido vivos en el laboratorio atunes aleta amarilla y/o patudo (denominados *Thunnus* spp. de ahora en adelante en casos apropiados); atunes barrilete negro, *Euthynnus lineatus*; melvas, *Auxis thazard* y/o *A. rochei* (denominados *Auxis* spp. de ahora en adelante en casos apropiados); sierras, *Scomberomorus sierra*; caballas, *Scomber japonicus*; y bonitos del Pacífico, *Sarda orientalis*. (Es imposible en estas etapas del ciclo vital distinguir las larvas y juveniles tempranos de aletas amarillas y patudos usando caracteres morfológicos, merísticos, osteológicos, o de pigmentación; ha sido descrita la identificación de juveniles tempranos por electroforesis (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv. Bull., 86 (4): 835-838). Se pueden distinguir *Auxis thazard* y *A. rochei* larvales y juveniles tempranos a partir de diferencias menores en la pigmentación, la profundidad del cuerpo, y el conteo de las branquiespinas, pero hay desacuerdos sobre la validez de estas características identificadoras.) Las investigaciones en

el laboratorio se han enfocado principalmente en el barrilete negro, *Auxis* spp., y las sierras, los escómbridos más abundantes en las aguas costeras frente al sur de la Península de Azuero, pero en 1995 se dirigió más atención hacia el aleta amarilla.

### ***Proyecto conjunto OFCF-Panamá-CIAT***

En diciembre de 1993, la Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) del Japón, el gobierno de la República de Panamá, y la CIAT acordaron emprender un proyecto conjunto de cinco años de duración, subvencionado principalmente por la OFCF, en el Laboratorio de Achotines. Los objetivos del proyecto son: (1) criar atunes aleta amarilla adultos para suministrar larvas y juveniles para la investigación de su ciclo vital temprano; (2) producir organismos de alimento para los atunes larvales y juveniles; y (3) criar pargos (*Lutjanidae*) y corvinas y especies afines (*Sciaenidae*) reproductores y organismos de alimento para sus larvas y juveniles.

Fueron necesarias ampliaciones y mejoras de la infraestructura del Laboratorio de Achotines para poder realizar los objetivos del proyecto. Para el fin del año casi se había completado la construcción de grandes tanques de hormigón para los peces reproductores, la ampliación del tubo de toma de agua de mar y el sistema de recirculación, y un edificio para albergar los tanques de reproductores. Se construyeron instalaciones adicionales para criar algas y zooplancton para proveer cantidades adecuadas de organismos de alimentación inicial para las larvas criadas por los reproductores. Se inició a escala limitada la captura y cultivo de peces reproductores en cuanto estuvieron listas algunas de las instalaciones de almacenaje.

Continuó durante el primer semestre de 1995 el muestreo para obtener datos sobre la distribución espacial costera, composición por talla, y condición de las gónadas de atunes aleta amarilla, pargos, y corvinas y especies afines que puedan servir de reproductores cautivos. Científicos de la OFCF y la Dirección General de Recursos Marinos de Panamá realizaron muestreos semanales con sedal y anzuelo en varios lugares cerca del Laboratorio de Achotines. Durante 1995 se iniciaron pruebas preliminares de varios métodos para capturar aletas amarillas vivos y transportarlos al laboratorio en preparación para el abastecimiento de los tanques de reproductores. Un total de 12 aletas amarillas, de peso entre 3 y 5 kg, fueron capturados y transportados en buenas condiciones a un tanque de 4,6 m de diámetro y 19.000 L de capacidad en el Laboratorio de Achotines. Los peces se adaptaron al cautiverio, comenzaron a comer, y sobrevivieron hasta 81 días. Se espera que la supervivencia a largo plazo mejore considerablemente cuando entren en servicio los nuevos tanques de mayor tamaño.

La OFCF subvenciona visitas al Laboratorio de Achotines por expertos ajenos al proyecto para ayudar con algunos de los objetivos del mismo. Uno de estos expertos, el Dr. Tadahisa Seikai, Director de la Estación de Investigaciones Pesqueras de la Universidad de Kyoto, pasó el período del 7 al 24 de noviembre de 1995 en Achotines, donde revisó las técnicas de cría de algas y rotíferos con miembros del personal del Laboratorio e hizo recomendaciones acerca de las instalaciones y el equipo. También trabajó con un biólogo de la Dirección General de Recursos Marinos de Panamá en esfuerzos por inducir el desove de pargos con inyecciones de hormonas (ver *Estudios del recurso de pargo*).

### ***Propagación de escómbridos en el laboratorio***

Se obtienen huevos fertilizados de escómbridos adultos para suministrar larvas recién criadas para experimentos en el Laboratorio de Achotines. Los peces reproductores son capturados en el mar, colocados en el tanque integral de 600 L en una lancha de 7,6 m o en bolsas plásticas grandes con agua de mar oxigenada y transportados al laboratorio en menos de 20 minutos. Son depositados en un estanque de aclimatación y tratamiento, de 4,5 m de diámetro y de 18.000 L de



capacidad, donde permanecen varios días o semanas; luego los peces más sanos son trasladados a un tanque de reproductores de 6,4 m de diámetro y 37.000 L de capacidad.

Huevos fertilizados son colectados del tanque de reproductores con un sifón ubicado en el centro y una red al borde del tanque. La viabilidad de los huevos ha sido buena, con tasas de fertilización y cría de 95 a 100%. Al ser fertilizados, los huevos del barrilete negro flotan, pero durante la etapa embrionaria tardía, de 3 a 4 horas antes de la cría, se hunden. A temperaturas del agua de 26° a 27°C, la duración de la etapa de huevo es de aproximadamente 18 a 20 horas.

El desove, reanudado el 17 de mayo de 1994 tras una pausa de dos meses y medio, continuó hasta el 13 de febrero de 1995. Esta fecha está a menos de una semana del momento en el cual cesó el desove en 1994, fenómeno vinculado probablemente a la disminución en la temperatura del agua que tiene lugar en esa época del año. La población de reproductores consistía de cinco peces durante el desove en 1995. La mayoría del desove ocurrió entre las 3 y 6 de la tarde, y el número estimado de huevos fertilizados colectados de cada evento de desove varió de 7.000 a 228.000. Tuvo lugar solamente un evento de desove durante el resto de 1995. El 1° de mayo fueron colectados 50.000 huevos, pero no habían sido fertilizados. El ruido y la vibración causados por la construcción cerca del laboratorio podrían haber contribuido a reducir la fertilidad e incrementar la mortalidad de los reproductores. Para el fin del segundo trimestre de 1995 el número de barriletes negros reproductores se había reducido a uno. Seis barriletes negros adicionales, de entre 40 y 50 cm de talla, fueron introducidos en el tanque durante el segundo semestre del año. Los rangos de temperatura y salinidad en el tanque durante 1995 fueron 24,0° a 29,4°C y 29 a 34 0/00, respectivamente.

#### ***Muestreo de escómbridos larvales y juveniles tempranos***

El esfuerzo de captura de barriletes negros, *Auxis* spp., y sierras para experimentos de respirometría (ver ***Respirometría***), usando luz submarina de noche, fue elevado durante la mayor parte de 1995. A fines de noviembre una salida resultó en la captura de unos 600 barriletes negros y *Auxis* spp. larvales tardíos y juveniles tempranos, de aproximadamente 12 a 20 mm de talla. Más de 100 sobrevivieron las primeras 48 horas de cautiverio, y al menos 85 fueron trasladados a tanques de 3,7 y 4,6 m de diámetro en los 8 días después de su captura. Durante un período de 27 días, los barriletes negros crecieron en promedio 5,46 mm por día, la mayor tasa de crecimiento observada para la especie hasta la fecha en el laboratorio. Alimentarles hasta saciarles todo el día contribuyó a la rapidez del crecimiento. No obstante, las tasas de mortalidad fueron elevadas, debido principalmente a colisiones de los peces con las paredes de los tanques. Para mediados de diciembre, 13 barriletes negros y 1 *Auxis* spp., de unos 130 a 170 mm de talla, habían sobrevivido para uso en los experimentos de respirometría.

#### ***Selectividad de alimento y edad y crecimiento de larvas de aleta amarilla***

En octubre de 1992, investigadores de la CIAT y la Japan Sea Farming Association (JASFA) realizaron estudios conjuntos del ciclo vital temprano del atún aleta amarilla en la Estación de Yaeyama de la JASFA en la Isla Ishigaki (Prefectura de Okinawa), donde se mantienen aletas amarillas reproductores en corrales marinos anclados en aguas adyacentes a la Estación de Yaeyama. Durante 1995 se completaron y sometieron para revisión dos manuscritos resumiendo los resultados de los estudios.

#### ***Experimentos de laboratorio con larvas de barrilete negro***

En enero y febrero de 1994, larvas de barrilete negro criadas en cautiverio en el Laboratorio de Achotines fueron usadas en experimentos de laboratorio para determinar sus

tasas de desarrollo, crecimiento, y selectividad de alimento, y el momento y periodicidad de formación de incrementos en los otolitos. No existe información publicada sobre el desarrollo de huevos ni larvas de vesícula vitelina del barrilete negro, ni de la edad y crecimiento de larvas en primera etapa de alimentación. Se completaron tres experimentos, de 5, 6, y 8 días de duración. Se describieron los huevos y las larvas de vesícula vitelina y se examinaron las tasas de desarrollo. Se documentó el crecimiento somático durante los 5 primeros días de alimentación, se validó la formación diaria de incrementos en los otolitos durante los 8 primeros días después de la cría, y se examinó la selectividad de alimento durante los 6 primeros días de alimentación.

Fueron examinados los otolitos de larvas de barrilete negro para determinar el momento de formación del primer incremento y la periodicidad de formación de los incrementos subsecuentes. Esta información es esencial para determinar las relaciones de crecimiento basadas en determinación de la edad a partir de los otolitos, y es un requisito previo para el retrocálculo del historial de crecimiento de peces individuales. Anteriormente, se validaron los incrementos diarios en los otolitos de barriletes negros larvales tardíos y juveniles tempranos en un experimento de inmersión en tetraciclina (Boletín de la CIAT, 20 (7)).

Se criaron en el laboratorio larvas de saco vitelino y en primera etapa de alimentación de huevos fertilizados desovados por los barriletes negros reproductores. A varios intervalos entre el momento de cría y ocho días después se conservaron larvas en etanol. Los otolitos fueron extraídos de las larvas y examinados con un microscopio de luz a la mayor amplificación posible (1500x). Fue posible contar los incrementos en solamente 16 de las 53 muestras de otolitos completos. En la mayoría de los casos los incrementos eran demasiado tenues para permitir contarlos. Se observaron primordios (el centro inicial de crecimiento) dobles o triples en aproximadamente el 9% de los otolitos examinados, fenómeno no reportado previamente en los otolitos de escómbridos colectados en el mar. Se ha sugerido que estos primordios múltiples podrían indicar mala salud en larvas individuales, pero no se ha verificado esta idea. La mala calidad de la definición de los incrementos obligó a seccionar y grabar con ácido varios de los otolitos para hacer los incrementos más visibles para el conteo. Se usó el promedio de tres conteos ciegos (es decir, conteos efectuados sin saber la edad de la larva) por otolito para determinar el momento de la formación del primer incremento y el periodicidad de formación de los subsecuentes.

El primer incremento estaba formado en el momento de cría, y los subsecuentes estaban completamente formados cada mañana después de las primeras 24 horas después de la cría. Un promedio de  $1,14 \pm 0,27$  DE incrementos fue observado en los otolitos de 12 larvas en el momento de cría, 12 horas después, y 24 horas después. Una correspondencia estrecha entre el número medio de incrementos contados ( $I$ ) y la edad de las larvas ( $t$ ) en días entre 1 y 8 días después de la cría fue indicada por la regresión del conteo promedio de los incrementos *versus* edad. La pendiente ( $0,92 \pm 0,04$  DE) de la ecuación de regresión,

$$I = 0,37 + 0,92t$$

$$(r^2 = 0,98; n = 10)$$

no fue significativamente diferente de 1 ( $P > 0,05$ ). Estos resultados iniciales y resultados previos del experimento de inmersión en tetraciclina indican que los incrementos son formados diariamente en los otolitos de barriletes negros durante el desarrollo larval temprano y tardío.

### ***Hábitos alimenticios de atunes larvales***

Entre 1991 y 1993 fueron colectadas larvas de atún en aguas costeras frente a la Península de Azuero, usando una red de arrastre de Tucker con una boca de  $0,6 \text{ m}^2$ . Las muestras fueron conservadas para análisis del crecimiento, hábitos alimenticios, y condición nutritiva. El análisis

del contenido intestinal de las larvas colectadas en 1991 fue iniciado en 1994, y continuó en 1995. Hasta la fecha han sido examinadas 56 larvas de barrilete negro y 216 de *Auxis* spp.; se analizarán también las muestras de sierra, bonito listado, y *Thunnus* spp. larvales colectados en 1991. El análisis del contenido intestinal incluye medir la talla de las larvas (TE a la décima de milímetro más cercana), enumerar y medir cada artículo de presa, identificar cada presa al nivel taxonómico más bajo posible, estimar el estado de digestión de cada presa, y estimar la llenura del intestino. Una vez completado el análisis de las muestras tomadas en 1991, se resumirán los datos sobre los hábitos alimenticios de los peces de cada grupo taxonómico.

#### ***Desarrollo del sistema visual en los atunes jóvenes***

Durante 1988, larvas y juveniles tempranos de barrilete negro, *Auxis* spp., y sierras fueron capturados en aguas costeras frente a la Península de Azuero. Las muestras fueron conservadas para análisis histológico, inclusive un examen del desarrollo del sistema visual. Durante 1995 fue completado un manuscrito que describe dicho sistema. La caracterización del sistema visual incluye descripciones de la agudez visual, la morfología retinal, la acomodación de la distancia, los centros visuales del cerebro, y cómo varían entre peces de distintas tallas.

El análisis del sistema visual descubrió que la capacidad visual de los atunes y sierras larvales es considerablemente inferior a aquella de los atunes adultos. Sin embargo, la agudez visual teórica (histológica) de los escómbridos larvales parece ser mejor que la que se reporta para las larvas de otros peces marinos. El sistema visual de los escómbridos cambia marcadamente durante las etapas larval y juvenil temprana; los cambios incluyen mejoras en la agudez visual, el desarrollo de estructuras de acomodación de distancia, y crecimiento del centro visual del cerebro central (que controla las reacciones ópticomotrices). Cuando las larvas de estos tres grupos de escómbridos se metamorfosean en juveniles, poseen aproximadamente el 70% de la agudez visual de los atunes adultos. En los tres grupos el desarrollo del sistema visual de las larvas parece ser avanzado, y refinamientos en la visión parecen corresponder a mejoras en la capacidad de busca de alimento y predación temprana sobre peces.

#### ***Estudios de ictioplanctón y oceanográficos***

Entre agosto de 1989 y noviembre de 1993 se realizó un muestreo de escómbridos larvales y organismos de alimento y una medición de los parámetros físicos del océano. El objetivo del programa de muestreo a partir de octubre de 1990 fue obtener información sobre los patrones de día-noche y por temporada de la distribución vertical, el crecimiento, la dieta, y la condición nutritiva de los escómbridos larvales en relación a las características del ambiente físico (temperatura, salinidad, oxígeno, e intensidad de luz) y la disponibilidad de organismos de alimento en la columna de agua.

Además, se realizaron estudios oceanográficos cerca de la costa al menos mensualmente en 14 estaciones en tres transectos que se extienden mar adentro desde Punta Mala, la Bahía de Achotines, y Morro Puerco hasta el isóbatos de 2.000 m (1.094 brazas) (Figura 25).

En las páginas 228-229 del Informe Anual de la CIAT de 1994 se describe el equipo de muestreo y los procedimientos para ambos estudios. Todas las muestras de ictioplancton son procesadas inicialmente en el Laboratorio de Achotines. Se extraen las larvas de escómbridos de las muestras de plancton, se identifican al nivel más detallado posible, y se miden. Las larvas son enviadas al laboratorio de La Jolla para estudios subsiguientes. El personal del Laboratorio de Achotines está también clasificando muestras de ictioplancton tomadas en el Golfo de Panamá por un investigador de la CIAT a bordo del barco *McArthur*, del National Oceanographic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos (ver Informe Anual de la CIAT de 1992).

### **Respirometría**

La Dra. Kathryn Dickson, Profesora Asociada de Ciencias Biológicas en la Universidad Estatal de California en Fullerton, pasó cinco meses en el Laboratorio de Achotines donde, con la ayuda de seis estudiantes, llevó a cabo investigaciones de respirometría sobre atunes. El objetivo del proyecto, subvencionado por el National Science Foundation de los Estados Unidos, es determinar si temperaturas elevadas de los músculos rojos (endotermia) resulta en una mayor capacidad natatoria en los atunes. Usando un sistema de respirómetro transportable, e temperatura controlable y velocidad variable y una folmadora de video de alta velocidad, los investigadores midieron la velocidad de natación máxima sostenible, el costo de la natación, y la cinemática natatoria de atunes barrilete negro juveniles de tamaños superiores e inferiores al mínimo estimado para la endotermia (207 mm). Se realizaron también comparaciones con peces ectotérmicos de tamaños similares que son completamente incapaces de elevar la temperatura de los músculos.

Se obtuvieron conjuntos completos de datos de respirometría para cuatro barriletes negros juveniles (de entre 159 y 192 mm de talla), 13 jureles verdes (*Caranx caballus*, 191 a 258 mm), un cocinero juvenil (*C. vinctus*, 149 mm), un gallo juvenil (*Nematistius pectoralis*), dos pargos *Lutjanus novemfasciatus* juveniles, y dos pargos *L. argentiventris* juveniles. Adicionalmente, se obtuvieron conjuntos parciales de datos sobre tasa metabólica contra velocidad de natación para otros cuatro barriletes negros (talla de 108 a 300 mm) y cuatro sierras (de 150 a 215 mm). Análisis preliminares de los datos demuestran que tanto el ritmo de los movimientos de la cola como las tasas metabólicas aumentan con el tamaño del pez, y que son mayores en los barriletes negros que en jureles verdes a la misma velocidad de natación. Generalmente, la velocidad máxima (longitudes del cuerpo/segundo) disminuyeron con el tamaño del pez. Se usarán filmaciones de alta velocidad para calcular las velocidades de natación espontáneas de barriletes negros y sierras nadando en acuarios en el laboratorio y para comparar la modalidad de natación en los acuarios con aquella en el respirómetro.

Como parte del estudio, juveniles tempranos de barrilete negro, melva (*Auxis thazard*), y sierra capturados con luz submarina fueron criados hasta alcanzar tamaños mayores para experimentos de respirometría. Las tasas medias de crecimiento de estos peces, 5,46 mm/día para los barriletes negros, 3,94 mm/día para las melvas, y 3,27 mm/día para las sierras, fueron elevadas.

### **Estudios del recurso de pargo**

El Sr. Amado Cano, de la Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) de Panamá, y miembros del personal de la CIAT están llevando a cabo estudios de algunas de las especies de peces costeros de importancia comercial en la Provincia de Los Santos de la República de Panamá. El objetivo de este proyecto, radicado en el Laboratorio de Achotines, es obtener datos fundamentales sobre la biología y capturas potenciales de estas especies. La industrialización reciente, principalmente relacionada con el perfeccionamiento del procesamiento y exportación de las capturas, y el posible ingreso de embarcaciones de mayor tamaño a la pesquería, hacen que sea deseable contar con estimaciones del rendimiento potencial. En 1986 se inició un programa de muestreo para estudiar y evaluar los recursos de pargo (familia Lutjanidae) y otras especies costeras. Biólogos de la DGRM toman rutinariamente datos sobre capturas, esfuerzo, talla, y peso. Estos datos básicos proporcionarán información sobre la composición por especie, composición por talla, factores de condición, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por varias configuraciones de las artes de pesca, y las variaciones estacionales de todos éstos. La especie principalmente capturada es *Lutjanus peru*, pero cantidades menores de *L. guttatus*, *L. argen-*

*tiventris*, *L. jordani*, *L. novemfasciatus*, *L. aratus*, *L. viridis*, *L. inermis*, *L. colorado*, y *Hoplopagrus güntheri* también son capturadas. Las tres primeras especies forman más del 90% de la captura en la Provincia de Los Santos. Se ha completado un manuscrito que resume los análisis de los datos reunidos durante los cuatro primeros años del estudio.

En una subsección anterior titulada **Proyecto conjunto OFCF-Panamá-CIAT** se describe un proyecto que incluye la investigación del cultivo de pargos y corvinas (Esciénidos) y la producción de organismos para alimentar a sus larvas y juveniles. Durante 1995 se intentó capturar y criar pargos (Lutjanidae) y corvinas y especies afines (Sciaenidae) para determinar la especie más adecuada para la propagación en el laboratorio. Para el fin del tercer trimestre se habían establecido en dos tanques de 3,7 m de diámetro y 9.500 L de capacidad 1 pargo *Lutjanus peru*, 10 pargos *L. guttatus*, 5 pargos *L. argentiventris*, y 17 corvinas (8 *Menticirrhus* sp. y 9 *Umbrina* sp.). Los pargos medían entre 170 y 450 mm de talla, y los esciénidos entre 250 y 350 mm. Los pargos fueron capturados principalmente con cabo y anzuelo, y las corvinas con red agallera. De estos, se seleccionó el pargo *Lutjanus guttatus* porque: (1) los resultados preliminares indican un desove prolongado (con actividad máxima durante septiembre y octubre); (2) alcanza la madurez sexual a tallas pequeñas (menos de 300 mm); (3) es fácil de manejar al ser capturado y se adapta fácilmente al cautiverio; (4) resiste las enfermedades; y (5) es de alto valor comercial. Para el fin de 1995 se mantenían 40 ejemplares de la especie (talla media: 312 mm; rango: 280 a 450 mm) como reproductores en el laboratorio. En noviembre tres individuos de entre 400 y 448 mm de talla y aproximadamente 1 kg de peso fueron inyectados con 550 Unidades Internacionales/kg de gonadotropina coriónica humana para inducir desove. Unas 46 horas más tarde una de las hembras desovó espontáneamente en un tanque de 500 L. El diámetro medio de los huevos no fertilizados, colectados inmediatamente después del desove, era 0,71 mm (rango: 0,69 a 0,83 mm). Queda pendiente la determinación de una especie de corvina adecuada para la cría.

#### **Reclutamiento de peces a balsas agregadoras**

En julio el Sr. Peter Nelson, estudiante de posgraduado en la Northern Arizona University, y el Sr. Philip Estes, asistente de investigación, con la ayuda de miembros del personal del Laboratorio de Achotines, anclaron 24 balsas para agregar peces (conocidos por la sigla FAD, de *fish-aggregating device*) entre la Bahía de Achotines y Playa Venado. Se observaron las balsas durante 6 semanas para identificar los peces y las etapas del ciclo vital que atraían y cuantificar el reclutamiento y el comportamiento de los peces.

Las balsas fueron ancladas en aguas de entre 8 y 23 m (4 y 13 brazas) de profundidad, en tres filas, de ocho balsas cada una, paralelas a la costa y a unos 200, 300, y 400 m de la misma. Las balsas fueron observadas por un nadador con esnórquel cada mañana cuando las condiciones ambientales lo permitían, y se registró el número de peces de cada especie agregados alrededor de cada balsa, así como su comportamiento.

Los peces asociados con las balsas fueron principalmente juveniles de la cría de ese año; rara vez fueron encontrados peces adultos asociados estrechamente con las balsas. Las especies más frecuentes fueron sargentos (*Abudefduf troschelii*), bobos azules (*Polydactylus approximans*), jureles dorados (*Gnathanodon speciosus*), y un *Mugil* sp. no identificado, pero también fueron observadas varias otras especies. No parece haber una relación significativa entre el tamaño de la agregación de peces y la distancia de la costa. Las agregaciones en cada una de las balsas variaron considerablemente de día a día. En períodos de mar tranquilo y corrientes moderadas, se observó a peces individuales permanecer con una sola balsa durante varios días. Los peces nadaron casi continuamente para mantener su posición cerca de las balsas, y se postula que la fatiga podría ser un factor importante en la alta tasa de agotamiento. Las distintas especies se

ubicaron de forma diferente en relación a la estructura de la balsa. Ocurrió poca interacción entre las especies en las agregaciones, aparte de cierto comportamiento agonístico intra e interespecífico por parte de los sargentos de mayor tamaño.

### ***Oceanografía y ecología de los atunes***

La alta productividad del Océano Pacífico oriental tropical (POT) se debe principalmente a los vientos de oriente prevalecientes y las corrientes prevalecientes que causan afloramiento de aguas subsuperficiales más frías y ricas en nutrientes. A veces disminuye la fuerza de los vientos de oriente, llevando a una disminución del afloramiento, temperaturas superficiales del mar (TSM) más elevadas, nivel del mar más alto en las estaciones costeras, termoclina más profunda, y cambios en la distribución y cantidad de precipitación en varias áreas. En el presente informe, la termoclina se refiere a la capa en el océano debajo del fondo de la capa de mezcla, donde la temperatura disminuye rápidamente con la profundidad. Los periodos en los que prevalecen estas condiciones son denominados episodios o eventos de El Niño, y aquellos en los que los vientos de oriente son anormalmente fuertes, y son acompañados por TSM subnormales, Nivel del mar bajo, y termoclina menos profunda, son denominados episodios de "anti-El Niño." Los efectos de un evento de El Niño son generalmente más aparentes en el POT solamente entre 5°N y 15°S, pero durante episodios fuertes, como aquellos de 1972-1973 y 1982-1983, esos efectos pueden extenderse al norte hasta 40°N y la sur hasta 30°S. Las capturas de atunes por artes de superficie suelen disminuir en las áreas afectadas durante eventos de El Niño.

Los científicos de la CIAT controlan las condiciones físicas en las capas superficiales del Océano Pacífico tropical mediante el análisis de la TSM, nivel del mar, profundidad de la termoclina, y el Índice de Oscilación del Sur (IOS). El IOS, la diferencia entre las anomalías (desviaciones de la norma) en la presión atmosférica de superficie en Tahiti (Polinesia Francesa) y Darwin (Australia), es una medida de la fuerza de los vientos de oriente tropicales del sur. IOS positivos y negativos están asociados con vinetos de oriente anormalmente fuertes y débiles, respectivamente, aunque ocurren ocasionalmente IOS negativos durante lo que de otros modos se considerarían eventos de "anti-El Niño." Los datos de TSM provienen de barcos pesqueros y otros buques comerciales, y los otros tres parámetros provienen del *Climate Diagnostics Bulletin* mensual del Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU.

En años recientes, tras una sucesión de episodios de El Niño, algunos meteorólogos y oceanógrafos han acostumbrado designar calentamiento extenso en cualquier parte del Pacífico tropical e Índices de Oscilación del Sur (IOS) negativos como eventos de El Niño-Oscilación del Sur. Sin embargo, un tal evento no señala siempre el principio de un auténtico Niño en el POT: por ejemplo, las TSM fueron elevadas durante el verano austral (noviembre-diciembre) de 1994-1995 en el Pacífico occidental y central, pero no fueron seguidas por un evento de El Niño en el POT.

Comenzaron episodios de El Niño durante el cuarto trimestre de casi cada año del periodo de 1990-1995, pero en todos menos uno se disiparon rápidamente durante el verano austral. La excepción fue el evento de 1992-1993, que empezó en el cuarto trimestre de 1992 y alcanzó su intensidad máxima en el primer trimestre de 1993. Sin embargo, ese Niño permaneció débil, y aparentemente no ejerció ningún efecto sobre la pesca del atún excepto en la región costera de Ecuador y el norte del Perú, donde las capturas de barrilete fueron inferiores al promedio.

Para el comienzo del cuarto trimestre de 1994, las circulaciones atmosférica y oceánica se habían normalizado, tras la desaparición de las condiciones débiles de "anti-El Niño" durante los tres primeros trimestres del año. Durante el cuarto trimestre las TSM fueron casi normales, en promedio, en el POT al este de 130°W entre 5°N y 5°S. Sin embargo, varias áreas al sur del ecuador y al este de 140°W mostraron TSM de más de 1°C por encima de la norma. Ocurrió una

ligera alza del nivel del mar en las estaciones costeras de América del Sur, pero el IOS se volvió menos negativo que durante el segundo y tercer trimestre de 1994. Esto resultó de otro período de vientos de superficie más fuertes, cuando los sistemas de alta presión de superficie procuraban normalizarse sobre el Pacífico tropical. En contraste a las TSM generalmente normales en el POT durante el cuarto trimestre, en casi todo el Pacífico occidental ecuatorial las TSM fueron de  $1^{\circ}$  a  $2^{\circ}\text{C}$  por encima del nivel normal. Se registraron algunas TSM de más de  $3^{\circ}\text{C}$  por encima del nivel normal cerca de  $170^{\circ}\text{W}$  al fin de noviembre. Estas condiciones han prevalecido generalmente alrededor de la línea de cambio de fecha en los dos últimos años. El Centro de Análisis Climáticos del Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU. reportó en el ejemplar de noviembre de 1994 de su *Climate Diagnostics Bulletin* que, a raíz de la continuación de condiciones atmosféricas y oceánicas anormales, se estaba desarrollando la fase madura de un evento de El Niño-Oscilación del Sur en el Pacífico ecuatorial. También pronosticó que aparecerían subsecuentemente en el POT vientos superficiales débiles de oriente, TSM elevadas, y un pequeño aumento en la profundidad de la termoclina.

No obstante, no se desarrollaron condiciones de El Niño en el POT durante el primer trimestre de 1995. Dos características significativas de las anomalías de las TSM en el POT indicaron que las TSM y las condiciones oceánicas permanecerán casi normales. En primer lugar, entre  $5^{\circ}\text{N}$  y  $5^{\circ}\text{S}$  al este de  $130^{\circ}\text{W}$  las TSM están por debajo del nivel normal en varios lugares, y en segundo lugar, las áreas en el hemisferio sur con TSM de más de  $1^{\circ}\text{C}$  por encima del nivel normal eran más pequeñas y menos numerosas que durante la mayor parte de 1994. Aunque se reportaron algunas TSM de más de  $1^{\circ}\text{C}$  por encima del nivel normal frente al centro de Perú, las estaciones costeras entre Ecuador y el centro del Perú registraron TSM de menos de  $1^{\circ}\text{C}$  por encima de la norma (Figura 26). Aunque se reportaron algunas TSM de más de  $1^{\circ}\text{C}$  por encima de la norma frente al centro del Perú, se registraron TSM de menos de  $1^{\circ}\text{C}$  superiores a la norma en estaciones costeras desde Ecuador hasta el centro del Perú (Figura 26). El nivel del mar descendió a menos de 2,5 cm por encima de la norma para el fin del primer trimestre (Figura 26), y descendió periódicamente a su nivel normal en algunas estaciones costeras durante ese período. Además, la termoclina subió a un promedio de 10 m (6 brazas) entre  $5^{\circ}\text{N}$  y  $5^{\circ}\text{S}$  desde  $130^{\circ}\text{W}$  hasta el litoral de Ecuador y el norte del Perú para el fin del trimestre. La anomalía negativa del IOS, -0,3, fue la más pequeña desde febrero de 1994. (En la Figura 26 del Informe Anual de la CIAT de 1994 parece que fue la más pequeña desde enero de 1994, pero esa figura ilustra los promedios móviles de tres meses consecutivos, y en realidad la anomalía fue ligeramente menor en febrero que en enero.)

Durante el segundo trimestre de 1995 las TSM estuvieron por debajo de lo normal a lo largo del ecuador al este de  $140^{\circ}\text{W}$ , en estaciones costeras en el Perú (Figura 26), y en áreas de alta mar frente a Ecuador y Perú. En la Figura 27 se ilustran las anomalías de las TSM para abril de 1995, representativas de los demás meses del segundo trimestre. Las TSM fueron normales, o casi normales, en la mayor parte de la región al sur de  $5^{\circ}\text{S}$  y al oeste de  $85^{\circ}\text{W}$ , con solamente áreas pequeñas con TSM de más de  $1^{\circ}\text{C}$  por encima del promedio. Además, las TSM fueron casi normales al norte de  $5^{\circ}\text{N}$ , excepto al oeste de Baja California, donde fueron de  $1^{\circ}$  a  $2^{\circ}\text{C}$  superiores a lo normal, debido principalmente a vientos más ligeros y más del sur que transportaron agua superficial hacia el norte durante tormentas ocurridas durante la primera mitad del segundo trimestre. El nivel del mar en las estaciones costeras descendió a un promedio de más de 2 cm por encima de lo normal, y la profundidad de la termoclina permaneció a unos 10 m encima de lo normal en gran parte del POT (Figura 26). A pesar de que los vientos superficiales de oriente fueron más fuertes a ambos lados del ecuador, el IOS permaneció ligeramente negativo (promedio trimestral de -0,5).

Durante el tercer trimestre de 1995 estaban bien establecidas condiciones de “anti-El Niño.” Las TSM siguieron bajas, especialmente a lo largo del ecuador desde 5°N hasta 5°S, y también en el área de alta mar frente a Ecuador y Perú. Ocurrieron anomalías negativas extensas de las TSM en agosto y septiembre en la región ecuatorial al este de 170°W, pero en la mayor parte del POT al sur de 5°S y al oeste de 90°W las anomalías fueron ligeramente positivas, con áreas dispersas de TSM más de 1°C por encima de la norma. Aguas frías frente a México y Centroamérica limitaron la frecuencia e intensidad de las tormentas tropicales, mejorando las condiciones para la pesca en el POT durante el tercer trimestre. El nivel del mar subió ligeramente, pero permaneció por debajo de la norma (Figura 26), y la termoclina descendió un poco a niveles entre 5 y 10 m (3 y 6 brazas) por encima de lo normal. Los vientos superficiales de oriente siguieron fuertes a ambos lados del ecuador, y el IOS por fin ascendió a justo encima del nivel normal (Figura 26).

Durante el cuarto trimestre de 1995 persistieron condiciones de “anti-El Niño,” con TSM de más de 1°C por debajo de la norma entre 5°N y 5°S al este de 170°W, y también en áreas costeras frente a Ecuador y el norte de Perú. Las TSM fueron también bajas a lo largo del litoral occidental de Baja California. En la Figura 28 se ilustran las anomalías de las TSM en diciembre de 1995, representativas de los demás meses del cuarto trimestre. Son particularmente evidentes TSM bajas a lo largo del ecuador, donde fueron más bajas que en cualquier momento previo del año. El nivel del mar volvió a descender a más de 2,5 cm por debajo de lo normal, y la termoclina permaneció a un nivel entre unos 5 y 10 m menos profundo que la norma en el Pacífico tropical central y oriental. Los vientos superficiales de oriente continuaron fuertes sobre el Pacífico tropical al oeste de 100°W entre 15°N y 15°S; esto se ve reflejado en los IOS, que permanecieron casi normales desde el tercer trimestre de 1995 (Figura 26).

Las características de las TSM y oceánicas y atmosféricas arriba descritas para el POT durante 1995 son típicas de las etapas tempranas de un episodio de “anti-El Niño,” que probablemente se intensifique y prevalezca durante unos 6 a 12 meses, o quizá más. El episodio actual comenzó durante el segundo trimestre de 1995 y se desarrolló lentamente durante el segundo semestre del año.

## PROGRAMA ATUN-DELFIN

En el Océano Pacífico oriental (OPO), los atunes aleta amarilla de entre unos 11 y 45 kg se asocian frecuentemente con mamíferos marinos, especialmente con delfines manchados, tornillos, y comunes. En la Figura 29 se ilustran las distribuciones espaciales de los distintos stocks de estas tres especies. Los pescadores con red de cerco descubrieron que para maximizar sus capturas de aleta amarilla en el OPO tenían que buscar manadas de delfines o bandadas de aves marinas que se encuentran a menudo con delfines y atunes, calar la red alrededor de los delfines y los atunes, cobrar la mayoría de la red, realizar una maniobra de retroceso para permitir a los delfines escapar sobre los corchos de la red, y finalmente cobrar el resto de la red y cargar el pescado a bordo del barco. Desgraciadamente, particularmente durante los años 60 y 70, muchos delfines murieron sofocados tras enmallarse en las redes.

En 1976 se ampliaron las responsabilidades de la CIAT al incluir los problemas ocasionados por la mortalidad incidental de delfines en las redes de cerco atuneras del OPO. La Comisión acordó trabajar para mantener la producción atunera a un alto nivel y al mismo tiempo mantener a los stocks de delfines a, o por encima de, niveles que garantizaran su supervivencia a perpetuidad, haciendo todos los esfuerzos razonablemente posibles por evitar la muerte innecesaria o por negligencia de delfines (ver actas de la reunión de la CIAT de 1976). Las responsabilidades prin-



cipales del Programa Atún-Delfín de la CIAT son (1) controlar la abundancia de los delfines y su mortalidad incidental a la pesca mediante la toma de datos a bordo de barcos atuneros de cerco pescando en el OPO, (2) analizar estos datos y hacer recomendaciones adecuadas para la conservación de delfines, (3) estudiar las causas de la mortalidad de delfines en las faenas de pesca e instar a los pescadores adoptar técnicas de pesca que minimizen la mortalidad de delfines, y (4) estudiar los efectos de los distintos modos de pesca sobre las poblaciones de peces y otros animales del ecosistema pelágico.

### ***Toma de datos***

#### ***Cobertura por el programa de observadores***

El diseño de muestreo del programa de observadores para 1995 estableció una cobertura del 100% de los viajes realizados por barcos de la clase 6 (mayores de 400 toneladas cortas de capacidad) que pescaran atunes en el OPO. Todos los viajes de barcos de flotas excepto las de Estados Unidos y México serían muestreados por el Programa Atún-Delfín de la CIAT. La mitad de los viajes de barcos de México y Estados Unidos serían muestreados por observadores de los respectivos programas nacionales (el Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD) de México y el del National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos); los demás viajes serían muestreados por los observadores de la CIAT.

En febrero los Estados Unidos cancelaron su programa de observadores, y solicitaron a la CIAT cubrir todos los viajes de su flota nacional en el futuro; la CIAT accedió.

Observadores de la CIAT o de los programas nacionales pertinentes acompañaron 496 viajes de pesca en el OPO iniciados en 1995 por barcos de clase 6, más 49 viajes de la misma categoría iniciados en 1994 y terminados en 1995, para un total de 545 viajes muestreados en 1995 por los tres programas. El programa de la CIAT muestreó barcos faenando bajo la jurisdicción de Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela.

En la Tabla 10 se resume la cobertura de muestreo de los cerqueros de clase 6 de la flota internacional por la CIAT y los dos programas nacionales. El 79% de los viajes fue muestreado por la CIAT, y los tres programas combinados muestrearon el 100% del número total de viajes.

La CIAT también muestreó viajes realizados por dos barcos de la clase 5 (de 301-400 toneladas cortas de capacidad de acarreo), uno matriculado en Colombia y el otro en Ecuador. La cobertura de uno de los barcos, iniciada a fines de 1994 a petición del armador, continuó durante el primer semestre de 1995; este barco y otro más fueron asignados Límites de Mortalidad de Delfines para el segundo semestre de 1995, y por lo tanto observadores de la CIAT tuvieron que acompañar todos los viajes realizados por los dos barcos durante el resto del año. En total la CIAT cubrió 17 viajes por los dos barcos en 1995.

#### ***Capacitación***

Durante 1995 se llevaron a cabo cuatro cursos para entrenar nuevos observadores en los métodos de toma de datos a bordo de barcos atuneros (Tabla 11). Los asistentes aprendieron cómo identificar las especies de atunes, mamíferos marinos, tortugas y aves marinas, los requerimientos y procedimientos empleados en la recolección de los datos, métodos para estimar los tamaños de manadas de mamíferos marinos, características de las operaciones y artes de pesca, y el protocolo y seguridad a bordo de los barcos.

### ***Programa de artes de pesca***

#### ***Investigación***

El personal de la CIAT continuó las pruebas de un paño de protección de delfines modificado, diseñado por el Capitán Harold Medina, a bordo del cerquero *Tiuna*, de Vanuatu. El paño, descrito en las páginas 232-233 del Informe Anual de la CIAT de 1994, consiste de una sección de material cauchutado fuerte, de color negro, de 1,4 m de altura por 18,3 m de largo, sujetado a la malla fina de la red just debajo de la línea de corchos en el ápice del canal de retroceso. El capitán del *Tiuna* reportó que, ya que el paño causaba que los corchos en el ápice se hundieran a menor velocidad de retroceso, se tardaba más en liberar los delfines mediante el retroceso. Tripulantes asignados al rescate de delfines durante el retroceso dijeron que en algunos lances los delfines se mostraban poco dispuestos a acercarse al paño negro. Estas observaciones eran similares a aquellas hechas durante las pruebas del paño original en 1994. El capitán notó que el paño sería útil para un barco que tuviera dificultades en mantener abierta el área del ápice del canal o en hundir los corchos en el ápice adecuadamente durante el retroceso. Ya que su barco no padecía estos problemas, decidió desmontar el paño experimental al cabo de 12 lances.

Posteriormente varios barcos mexicanos experimentaron con una adaptación de esta idea. En lugar de un solo paño, usan varios paños de menor tamaño de de 0,1 a 0,4 m<sup>2</sup>, fabricados del mismo material negro cauchutado y sujetado en el mismo lugar relativo que la modificación original del panel. Hasta 50 de estos son sujetados a la malla fina en dos filas cerca de la línea de corchos a ambos lados del punto correspondiente al ápice del canal de retroceso. Discusiones entre capitanes y técnicos de la CIAT durante alineaciones de la red indican que esta configuración es eficaz porque es fácil añadir y desmontar estos paños más pequeños, facilitando el ajuste del aparejo.

#### ***Servicios***

Durante 1995 el personal del programa de artes de pesca participó en alineaciones del paño de protección de delfines y revisiones del equipo de protección de delfines en 39 barcos, 37 de los cuales estaban registrados en México, 1 en Ecuador y 1 en Vanuatu. Para verificar la alineación del paño de protección se realiza un lance de prueba, durante el cual un técnico de la CIAT observa el desempeño de la red durante el retroceso desde una balsa inflable. El técnico transmite sus observaciones, comentarios, y sugerencias al capitán del barco por radio, y se procura resolver cualquier problema que surja. Posteriormente, se prepara un informe para el armador o administrador del barco, en el cual se resumen los comentarios del técnico de la CIAT y, en caso necesario, las recomendaciones para mejorar el equipo de protección de delfines del barco y/o la forma de usarlo.

La CIAT brinda además otros servicios para ayudar a los gerentes de flota y a los operadores de barcos individuales a reducir la mortalidad de delfines. En las oficinas regionales de la CIAT se pueden obtener publicaciones y cintas de video sobre el tema. A petición, y siempre que se disponga de las autorizaciones necesarias, se preparan *Análisis de Crucero*, informes detallados sobre viajes de pesca observados, que se envían a los armadores para permitirles evaluar el desempeño de barcos y capitanes.

#### ***Seminarios sobre la reducción de la mortalidad incidental de delfines***

Se celebraron dos seminarios sobre la reducción de la mortalidad de delfines en Ensenada, B.C. (México), uno en enero y el otro en julio. Asistieron al primero 33 representantes de la industria atunera, entre ellos 14 capitanes de pesca, y al segundo 19, 7 de ellos capitanes de pesca.

Estos seminarios están dirigidos no solamente a los capitanes de los barcos, directamente encargados de las faenas de pesca, sino también a otros tripulantes, personal administrativo y responsables del equipo y mantenimiento del barco. Se entrega un certificado de participación a todos los asistentes a los seminarios.

### ***Certificados de pesca “sin delfines”***

En 1990 la CIAT comenzó a proveer certificados de pesca “sin delfines” a aquellos barcos cerqueros que llevaran un observador de la CIAT y en cuyos datos constaran que no se había perseguido ni cercado delfines intencionalmente durante el viaje. Se emiten estos certificados solamente a petición de la gerencia del barco. En 1995 la CIAT emitió 198 de estos certificados a barcos de Belice, Colombia, Ecuador, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela.

### ***Constancias de Participación***

Las *Constancias de Participación*, solicitadas inicialmente por representantes de algunas naciones pesqueras, verifican que un barco ha participado en el Programa Internacional de Conservación de Delfines (descrito más adelante) a un nivel de cobertura del 100%. También puede constar que el barco está dotado de todo el equipo de protección de delfines recomendado por la CIAT y que los técnicos de la CIAT han verificado el alineamiento correcto y condición del paño de protección de delfines en la red durante un lance de prueba. Durante 1995, la CIAT emitió, a petición, constancias para 65 viajes de pesca realizados por barcos de Belice, Colombia, los Estados Unidos, México, Vanuatu, y Venezuela.

### ***Estimaciones de la mortalidad de delfines ocasionada por la pesca***

En 1995 la mortalidad incidental de delfines disminuyó de a 3.274 animales, el nivel más bajo desde el comienzo de la pesquería de atunes asociados con delfines (Tabla 12), y una reducción de 20% con respecto a la mortalidad de 4.096 delfines registrada en 1994. El número de lances sobre cardúmenes de atunes asociados con delfines se redujo en un 7%, de 7.715 a 7.209, y la mortalidad promedio por lance disminuyó de 0,53 a 0,45 animales. En la Figure 30 se ilustran las tendencias en el número de lances sobre delfines, la mortalidad por lance, y la mortalidad total en los últimos años. Al igual que en años anteriores, la mayor parte de los avances hacia la meta de eliminar la mortalidad se debe al éxito logrado por los pescadores en sus esfuerzos por liberar todos los delfines cercados. Cuatro barcos alcanzaron su Límite de Mortalidad de Delfines (descritos en la subsección titulada ***Programa Internacional para la Conservación de Delfines***) en 1995. Los datos arriba presentados incluyen datos de viajes de barcos atuneros acompañados por observadores del Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y la Protección de los Delfines de México, pero las comparaciones a continuación se basan en las bases de datos de la CIAT para 1994 y 1995.

No ocurrió ninguna mortalidad en el 85,0% de los lances sobre delfines en 1995. Afortunadamente no ocurrió ningún lance con mortalidad de varios centenares de delfines, como el que resultó en que la mortalidad total en 1994 fuese mayor que la de 1993. La proporción del número total de lances realizado sobre delfines fue casi igual en 1995 (45,7%) que en 1994 (46,0%). Aumentaron el porcentaje de la captura de aleta amarilla tomada en lances sobre delfines, del 65,1% de la captura total en 1994 al 70,8% de la captura total en 1995, y la captura promedio por lance sobre delfines, de 18,5 to 21,2 tons.

La disminución en la mortalidad por lance es el resultado de varias acciones por parte de los pescadores para controlar mejor lo factores que causan la mortalidad, identificados durante los seminarios patrocinados por la CIAT en los variso países interesados. Por ejemplo, el por-

centaje de lances con colapso de la red disminuyó de 13,0% en 1994 al 10,3% en 1995, el de lances con abultamiento de la red de 6,5 al 6,0%, y de lances con averías mecánicas mayores de 8,2 a 7,7%. El tamaño promedio de las manadas de delfines capturadas se redujo de 521 a 473 animales; esto podría deberse a mayor pericia por parte de los pescadores en reducir el tamaño del grupo cercado, algún factor ecológico, o fluctuación aleatoria. La suma de todos estos efectos pequeños es la reducción observada en la mortalidad por lance.

### ***Estimaciones de la abundancia relativa de delfines***

La tarea principal de los observadores a bordo de los barcos atuneros es controlar la mortalidad incidental de delfines y reunir datos que podrían llevar a reducciones mayores en esa mortalidad. Reúnen también información sobre las actividades de búsqueda de los barcos y la frecuencia de los encuentros con mamíferos marinos. Se usan estos datos para obtener estimaciones de la abundancia de delfines, usando una técnica llamada análisis de transectos lineales, con la cual se estima un factor de corrección a partir de los datos de avistamientos. Este factor permite tomar en cuenta aquellos delfines no vistos desde el barco.

Desgraciadamente, los supuestos necesarios para que los análisis de transectos lineales arrojen estimaciones insesgadas de la abundancia absoluta son violados de varias maneras, pero principalmente por el hecho de que los barcos atuneros suelen concentrar sus operaciones en áreas de abundancia elevada de delfines. Los procedimientos analíticos usados deberían por lo tanto ser lo menos sensibles posible a estas violaciones. Es poco probable que los procedimientos usados, elaborados por el personal de la CIAT y descritos en Informes Anuales previos, eliminen todos los sesgos, así que se deben considerar las estimaciones resultantes como índices de la abundancia relativa de los stocks, y no como estimaciones de su abundancia absoluta.

A fin de determinar si los cambios observados en una serie de tiempo de índices anuales de abundancia relativa reflejan cambios en las poblaciones o fluctuaciones interanuales aleatorias en las condiciones de muestreo, se aplica un procedimiento estadístico adicional a las series. Este procedimiento está ideado para eliminar esas fluctuaciones aleatorias, y así permitir estimar la tendencia subyacente y los límites de confianza correspondientes a la abundancia relativa de la población.

En la Tabla 13 se detalla el número de millas náuticas de esfuerzo de búsqueda realizado por los observadores a bordo de barcos atuneros, el número de avistamientos hechos durante ese esfuerzo en 1995, y el tamaño de las áreas que se supone ocupan los distintos stocks. Como parte del tratamiento para reducir los sesgos en las estimaciones, se excluyeron de los análisis los datos de algunos viajes; no se incluyen esos datos en la Tabla 13. En la Tabla 14 se presentan los índices de abundancia relativa de todos los stocks. En las Figuras 31 a 38 se ilustran las series de tiempo de los índices estimados para cada uno de los stocks para los cuales se disponía de información suficiente, la tendencia subyacente estimada en la abundancia de la población, y los límites de confianza. Se calculan estos límites de una forma que permite evaluar la significación de las diferencias directamente de la figura: si los rangos de los límites de confianza de dos estimaciones no se solapan, entonces se supone que las estimaciones son significativamente diferentes. El nivel aproximado de confianza es 95%.

### ***Delfín manchado de altamar***

Las Figuras 31 y 32 grafican los índices y tendencias estimados para los dos stocks (nororiental y occidental-sureño, respectivamente) del delfín manchado de altamar actualmente supuestos para el Océano Pacífico oriental. Las tendencias sugieren que las poblaciones no han

cambiado mucho en los últimos años, tras una disminución terminada a principios de la década de los 80. La figura correspondiente al stock nororiental sugiere una reciente reducción aparente, ya que la estimación de 1994 es significativamente inferior a las de los últimos años de la década de los 80. Sin embargo, dadas las bajas tasas de mortalidad incidental en los últimos años, es probable que esta tendencia refleje cambios en las condiciones ambientales. La distribución de las estimaciones individuales sugiere la posibilidad de períodos plurianuales de estabilidad relativa en las condiciones de muestreo. Los investigadores de la CIAT están explorando estas posibilidades, usando nuevas técnicas analíticas que incorporan datos ambientales directamente. El patrón correspondiente al stock occidental-sureño es similar, aunque menos marcado; tras una reducción repentina en 1992, los índices recientes han aumentado secuencialmente hasta niveles cercanos a los valores de mediados de la década de los 80.

A partir de los datos, no queda claro si la reducción aparente en las estimaciones del período de 1983-1986 refleja cambios reales en la abundancia: 1983 fue un año con un evento severo de El Niño, y los índices bajos de 1985 y 1986 coinciden con estimaciones elevadas de abundancia relativa para el stock nororiental, señalando la posibilidad de desplazamientos de delfines a través de los límites actuales de los stocks. Por este motivo, se combinaron y analizaron juntos los datos de los dos stocks (Figura 33). Los resultados no demuestran casi ningún cambio en los últimos años, con la excepción de una disminución repentina en 1993, casualmente también un año con un fuerte evento de El Niño.

#### ***Delfín tornillo***

La Figura 34 demuestra que el stock oriental del delfín tornillo ha permanecido estable en los últimos años, sin cambios significativos en el nivel de la población, a pesar de alguna indicación de un aumento durante los tres últimos años. Para el stock panza blanca, la tendencia en la Figura 35 indica que han ocurrido pocos cambios en la última década; la excepción es una diferencia significativa entre las estimaciones de 1987 y 1994.

#### ***Delfín común***

Tras sumar la estimación de 1995, el índice suavizado de 1995 correspondiente al stock norteño del delfín común es significativamente inferior que los índices de antes de 1990 (Figura 36). Sin embargo, tal como se comenta en Informes Anuales de la CIAT anteriores, la interpretación de tendencias recientes en los índices es problemática, ya que los índices representan la abundancia en solamente una fracción del área de distribución del stock. Estudios aéreos y de barco frente al sur de California indicaron aumentos muy grandes en la abundancia del delfín común con respecto a estimaciones previas, señalando un desplazamiento en la distribución hacia la porción norteña del área ocupada por la especie. Los cerqueros atuneros ejercen poco o ningún esfuerzo en el área, y las estimaciones de los investigadores de la CIAT se ven por consiguiente afectadas de forma marcada por cambios en la distribución. Son necesarios más estudios para lograr una mejor comprensión de la distribución espacial del stock dentro de su área y también de la distribución relativa de las dos especies de delfín común que ocurren en esta región.

Los datos correspondientes al stock central del delfín común indican un tamaño de población estable desde principios de los años 80, tras una disminución hacia fines de la década anterior (Figura 37). Los datos para el stock sureño son muy escasos, dificultando la evaluación de las tendencias en la abundancia (Figura 38). No hay diferencias significativas entre las estimaciones en toda la serie de tiempo.

### ***Programa Internacional para la Conservación de Delfines***

En el Informe Anual de la CIAT de 1993, páginas 254-256, se describe la secuencia de eventos que condujo al establecimiento del Programa Internacional de Conservación de Delfines, y sus objetivos y funcionamiento.

Al ser establecido dicho programa en 1992, se acordó que el límite de mortalidad de delfines (LMD) total para la flota internacional en 1995 sería de 12.000 animales. Sin embargo, debido a que la mortalidad incidental a las operaciones de pesca en 1994 fue de solamente 4.096 animales, se acordó, en la 28ª Reunión Intergubernamental, celebrada en octubre de 1994, reducir el LMD general a 9.300 animales. Se les asignó LMD individuales de 114 animales cada uno a 81 barcos, 22 de los cuales los perdieron por no utilizarlos antes del 1º de junio. No obstante, se les permitió a estos barcos solicitar LMD de segundo semestre, y 28 barcos, 15 de los cuales habían perdido su LMD original, fueron asignados LMD de segundo semestre de 57 animales cada uno. La mortalidad total de delfines en 1995 ocasionada por la pesca fue de 3.274 animales. Cuatro barcos alcanzaron su LMD para el año.

### ***El Panel Internacional de Revisión***

El Panel Internacional de Revisión celebró sus reuniones octava, novena, y décima durante 1995. La octava reunión tuvo lugar en Ensenada (México) el 23 y 24 de enero, la novena en La Jolla, California (EE.UU.) el 11 y 12 de junio, y la décima en Panamá (R.P.) el 1 y 2 de octubre.

El Panel sigue un procedimiento general para reportar a los gobiernos correspondientes el cumplimiento, por parte de las embarcaciones, de las leyes y reglamentos establecidos para minimizar la mortalidad de delfines durante las faenas de pesca. Los observadores que acompañan a las embarcaciones durante sus viajes de pesca preparan un resumen de la información pertinente a la mortalidad de delfines para cada viaje; la Secretaría del Panel (miembros del personal de la CIAT) remite estos documentos a los gobiernos bajo cuya jurisdicción faenan los barcos. El Panel revisa, durante sus reuniones, los datos de los observadores para todos aquellos viajes que hayan finalizado y remite, luego de cada reunión, un informe detallando presuntas infracciones a los gobiernos bajo cuya jurisdicción se encuentran los barcos en cuestión. A su vez, los gobiernos informan al Panel acerca de las acciones que se hayan tomado con respecto a las infracciones. El Panel informa a los demás gobiernos acerca del cumplimiento (o no) de los reglamentos a través de un informe anual presentado a los gobiernos en la reunión siguiente de la CIAT. En las tres reuniones el Panel revisó 7.300 lances con delfines cercados, ocurridos en 456 viajes de pesca completados en el periodo de fines de 1994 hasta fines de 1995.

Además de revisar los datos de los viajes completos en cada reunión, el Panel tomó decisiones y llevó a cabo acciones en relación a varios temas, los que incluyen:

1. Se acordó enviar cartas a los pescadores de la flota internacional felicitándoles por su éxito dramático en la reducción de la mortalidad de delfines.

2. Se acordó que se debería continuar con las normas actuales sobre la pesca de investigación; es decir, que la investigación puede ser llevada a cabo por un barco dedicado a la investigación o por un barco pesquero asignado un LMD. Se acordó además que cualquier mortalidad de delfines que resultase de investigaciones por un barco con LMD será incluido en el LMD general, pero no restado del LMD del barco.

3. Se acordó recomendar a la Reunión Intergubernamental adoptar el documento "Procedimientos para tratar los lances con problemas especiales en 1995 y 1996," preparado por un grupo de trabajo del Panel, y se acordó volver a analizar estos procedimientos durante 1996.

4. Se acordó recomendar a la Reunión Intergubernamental notificar a los gobiernos de que la CIAT adoptaría normas sobre el alojamiento de los observadores a bordo de los barcos atuneros similar a las estipulaciones de la ley mexicana, y que se les solicitaría incorporar normas similares en su legislación nacional. Se recomendó también que se encargara al Director de la CIAT, con previo aviso a los armadores, no asignar observadores a barcos que no cumplieren con dichas normas.

5. Se acordó enmendar las Reglas de Procedimiento del Panel con respecto a la asistencia a las reuniones de individuos o entidades no miembros.

6. Se acordó notificar los capitanes de pesca y armadores de los barcos de que aquellos lances sobre delfines en los cuales la maniobra de retroceso no es completada en menos de 30 minutos después de la puesta del sol son considerados como infracciones por el Panel, pero que aquellos que comiencen 75 minutos o más antes de la puesta del sol, margen que el Panel considera suficiente para completar el retroceso dentro del plazo permitido, no serán analizados como presuntas infracciones de tipo lance nocturno.

7. Se asignó un LMD de 96 animales cada uno a 93 barcos para 1996.

#### ***Comité Científico Asesor***

Debido a la carencia de fondos, no se llevaron a cabo reuniones del Comité Asesor Científico durante 1995.

#### ***Capturas incidentales en la pesquería atunera con red de cerco***

En 1995 los observadores de la CIAT siguieron reuniendo información sobre las capturas incidentales en las operaciones de pesca con red de cerco. En el presente informe se definen “capturas incidentales” como los peces u otros animales desechados muertos en el mar, y las “capturas” incluyen solamente el pescado u otros animales retenidos. Hasta la fecha se dispone de información de 12.037 lances sobre atunes asociados con delfines, 8.950 lances sobre cardúmenes no asociados, y 4.996 lances sobre peces asociados con objetos flotantes, realizados entre 1992 y 1995. Con los datos de 1993 y 1994 completos, se puede llevar a cabo un primer análisis de la variabilidad interanual y se pueden estimar las capturas incidentales totales para los principales grupos taxonómicos.

#### ***Descartes de atunes***

En la Tabla 15 se detallan los descartes de atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo. El descarte promedio de aleta amarilla por lance sobre objetos flotantes fue 1,79 toneladas (19% de la captura de aleta amarilla) en 1993 y 1,48 toneladas (17% de la captura de aleta amarilla) en 1994. Los descartes consistían principalmente de pescado demasiado pequeño para la venta comercial. Las tasas de descarte en los lances sobre cardúmenes no asociados y atunes asociados con delfines fueron mucho menores: 0,33 y 0,13 toneladas (2,2 y 1,2% de la captura de aleta amarilla) para los primeros, y 0,07 y 0,11 toneladas (0,4 y 0,6% de la captura de aleta amarilla) para los últimos, en 1993 y 1994, respectivamente. Los descartes promedio de barrilete fueron máximos en los lances sobre objetos flotantes: 4,74 toneladas (20% de la captura de barrilete) en 1993 y 3,99 toneladas (17% de la captura) en 1994. Las tasas de descarte en los lances sobre cardúmenes no asociados fueron mucho menores: 0,14 y 0,22 toneladas (5,1 y 7,0% de la captura de barrilete) en 1993 y 1994. Se capturaron solamente pequeñas cantidades de barrilete en lances sobre delfines, y los descartes de la especie en esos lances son insignificativos. Los descartes promedio de patudo por lance sobre objetos flotantes fueron 0,36 toneladas en 1993 y 0,98 toneladas en 1994.

(8,7% de la captura de patudo en cada año). Las tasas de descarte en los lances sobre cardúmenes no asociados fueron más bajas: 0,00 en 1993 y 0,02 toneladas (9,1% de la captura de patudo) en 1994. La cantidad de patudo capturado en lances sobre delfines fue insignificativa.

#### ***Descartes de otras especies***

Se calcularon las capturas incidentales promedio por 1.000 toneladas de atún aleta amarilla capturado para varios grupos de otras especies. Para la mayoría de los grupos, las mayores capturas incidentales resultaron de lances sobre objetos flotantes. En 1993, por ejemplo, las capturas incidentales de peces grandes pelágicos en lances sobre cardúmenes no asociados fueron 150 veces mayores que en lances sobre delfines, y en lances sobre objetos flotantes 6.247 veces mayores que en ese tipo de lance. En 1994 las cifras correspondientes fueron 28:1 y 296:1. Estos resultados señalan claramente las tendencias, pero indican también que son necesarias series de tiempo largas para obtener estimaciones confiables. De importancia particular es la estratificación temporal y espacial de las capturas, responsable probablemente de gran parte de la variabilidad observada. Para los tiburones las razones de las capturas incidentales promedio en lances sobre delfines, cardúmenes no asociados, y objetos flotantes fueron 1:2:24 en 1993 y 1:16:80 en 1994; para los peces de pico fueron 1:2:18 y 1:6:20, y para las tortugas marinas 1:4:11 y 1:1:4. Las capturas incidentales de peces pequeños e invertebrados fueron altamente variables, y se deben considerar con cautela ya que, dadas las características de las especies (principalmente medusas) en cuestión, es difícil para los observadores hacer estimaciones precisas del número de individuos o del tonelaje capturado. Será probablemente necesario elaborar técnicas de muestreo especiales para estos grupos.

En la Tabla 16 se presentan estimaciones de las capturas incidentales totales en 1993 y 1994, calculadas con una sencilla extrapolación para extender los datos a los barcos mexicanos para los cuales se carece de datos. Estas estimaciones son de carácter preliminar, ya que, si se obtienen los datos de los barcos mexicanos, se podrá determinar exactamente el número total de lances de cada tipo o, si no, se podrá desarrollar métodos de estimación mejores. Durante 1993 y 1994 casi la mitad del total de lances consistió de lances sobre delfines. A pesar de la mayor frecuencia de los lances sobre delfines, respondieron de menos captura incidental que los otros tipos, con la excepción de delfines, rayas, e invertebrados. La mortalidad de tiburones disminuyó de 74.633 en 1993 a 46.345 en 1994, la de tortugas marinas de 295 a 167, y la de peces picudos de 3.269 a 2.937. Todos estos datos necesitan ser asignados a especies y stocks individuales para poder analizarlos correctamente. Una gran mayoría de los informes de los observadores incluyen identificaciones a nivel de especie, pero en otros casos, por ejemplo "tiburones no identificados," se reportan solamente niveles taxonómicos más elevados. En la mayoría de los casos no se sabe nada acerca de la estructura por stocks de las especies en las capturas incidentales, así que no se puede tomar en cuenta esa estructura en los análisis de los datos. Además, es necesaria información sobre la abundancia de una especie o stock para poder evaluar el significado del número de individuos en la captura incidental. Una captura incidental grande de una especie podría no ser significativa si la abundancia de esa especie es alta, mientras que una captura incidental baja de una especie poco abundante sí podría ser significativa.

#### ***Estudios de especies individuales***

En 1995 se prosiguieron los análisis descriptivos de los efectos posibles de las capturas incidentales de los distintos grupos taxonómicos, usando las bases de datos completas para 1993 y 1994. Se prestó atención especial al dorado (*Coryphaena* spp.) y el peto (*Acanthocybium solandri*), especies de interés particular para varios países miembros de la CIAT, y al tiburón punta negra



(*Carcharhinus limbatus*). Se exploró lo siguiente: distribuciones espacial y temporal, frecuencia de captura en los distintos tipos de lance, tasas de captura por lance y por tonelada de atún aleta amarilla capturado, y distribuciones por talla. Fue evidente una variabilidad interanual considerable para todas las especies. Las capturas incidentales totales de dorado en 1994 fueron casi el doble de las de 1993, y las de peto en 1994 casi seis veces las de 1993. Por contraste, la captura incidental total de tiburones punta negra fue mayor en 1993 que en 1994. Una comparación de la distribución del esfuerzo de pesca en 1993 y 1994 (ver las Figuras 3 y 5 de los Informes Anuales de la CIAT de esos años) descubre ciertas diferencias que podrían explicar al menos parte de la variabilidad interanual. Durante 1994 las capturas fueron considerablemente mayores al sur del ecuador, especialmente en el área entre 85°W y 90°W. Las capturas en el área entre 10°N y 20°N y 100°W y 110°W, normalmente grandes, fueron mucho menores en 1994. El traslado de esfuerzo de un área a otra puede ejercer efectos considerables sobre las capturas incidentales, ya que distintas áreas contienen concentraciones de distintas especies.

### ***Dorado***

Aproximadamente el 98% de la captura incidental de dorado provino de al sur de 10°N (Figura 39), cosa de esperar, ya que la mayoría de las capturas incidentales de dorado ocurre en lances sobre objetos flotantes, y casi todos los lances de ese tipo tienen lugar al sur de 10°N. La captura incidental promedio por lance durante 1993-1994 fue 61,85 y 5,06 peces al sur y norte de 10°N, respectivamente. El 57% de la captura incidental total al sur de 10°N fue capturado entre el ecuador y 6°N, y el 36% frente al Perú. Se realizaron las mayores capturas incidentales durante el primer trimestre. El 70% de la captura incidental total de dorado al norte de 10°N provino de aguas costeras frente a Baja California en el tercer trimestre. Las capturas incidentales de dorado incluían peces pequeños (<30 cm), medianos (30-60 cm), y grandes (>60 cm), formando el 36, 46, y 18% de la captura, respectivamente.

### ***Peto***

Aproximadamente el 97% de la captura incidental total de peto provino de al sur de 10°N (Figura 40), cifra parecida a la estimación equivalente de 98% para el dorado. Sin embargo, la distribución espacial de las capturas incidentales de peto fue mucho más homogénea que para el dorado (Figura 39). Las capturas incidentales de peto, 34,96 peces por lance al sur de 10°N y 1,74 al norte de 10°N, fueron considerablemente inferiores a las de dorado. Las capturas incidentales de peto incluían peces pequeños (<90 cm), medianos (90-150 cm), y grandes (>150 cm), formando el 40, 42, y 18% de la captura, respectivamente. Casi todos los pequeños fueron capturados en el segundo y tercer trimestre de 1994. La distribución espacial de los peces pequeños fue similar a las de los peces medianos y grandes.

### ***Tiburón punta negra***

El tiburón punta negra fue capturado más que ninguna otra especie de tiburón, y es bastante representativo de la captura incidental total de tiburones. Las capturas incidentales promedio por lance fueron 0,3 en lances sobre delfines, 2,1 en lances sobre cardúmenes no asociados, y 7.0 en lances sobre objetos flotantes. La distribución espacial de las capturas incidentales totales (Figura 41) no indica áreas de alta densidad de tiburones punta negra. La mayoría de las capturas incidentales al sur de 10°N ocurrió en lances sobre objetos flotantes, mientras que al norte de 10°N fueron capturados principalmente en lances sobre delfines y cardúmenes no asociados. Esto resulta probablemente de la menor cantidad de lances sobre objetos flotantes, y no de menores números de tiburones por lance en lances sobre objetos flotantes. La mayoría de las cap-

turas incidentales al norte de 10°N provino de la zona de Baja California. Los tiburones punta negra ocurren aparentemente con mayor frecuencia como individuos solitarios o en grupos pequeños, pero esto varía con el tipo de lance. En el 63% de los lances sobre delfines y el 54% de aquellos sobre cardúmenes no asociados en los que hubieron tiburones punta negra presentes, la captura consistió de solamente uno ó dos individuos. En lances sobre objetos flotantes, empero, el 71% de los lances con captura de tiburones punta negra produjo tres individuos o más. La captura incidental de tiburones punta negra incluía peces pequeños (<90 cm), medianos (90-150 cm), y grandes (>150 cm) fish, formando el 15, 46, y 39% de la captura, respectivamente. La incidencia de peces pequeños fue mucho mayor en los lances sobre objetos flotantes que en aquellos sobre delfines y cardúmenes no asociados.

### **CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES Y PECES ESPADA EN 1995 Y PERSPECTIVAS PARA 1996**

El convenio que estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical manifiesta que las responsabilidades principales de la Comisión son estudiar la biología de los atunes y especies afines del Océano Pacífico oriental (OPO) para determinar los efectos de la pesca y de los factores naturales sobre la abundancia de los mismos y, con base en estos estudios, recomendar medidas apropiadas de conservación para mantener a los stocks de peces a niveles que permitan capturas máximas sostenidas. Para cumplir con esta obligación, el personal de la Comisión realiza un amplio programa de investigación que abarca estudios biológicos y oceanográficos y la toma y análisis de estadísticas detalladas de captura y esfuerzo de los barcos que pescan en el OPO. De acuerdo con estas responsabilidades, se preparan documentos informativos para poner a los Comisionados al día sobre la evaluación por el personal de la Comisión de la condición de los recursos de atunes en el OPO. En el presente Informe Anual se reproduce la información en dichos documentos, con cambios menores, para ponerlo al alcance del público en general.

### **ATUN ALETA AMARILLA**

Las capturas mundiales de aleta amarilla han superado aquellas de todas las demás especies de atunes excepto el barrilete desde hace muchos años. El aleta amarilla formó el 36, 33, 36, 37, y 35% de las capturas mundiales de las especies de atunes de mayor importancia comercial (barrilete, aleta amarilla, patudo, albacora, y aleta azul del norte y del sur) en 1990, 1991, 1992, 1993, y 1994, respectivamente. El aleta amarilla es la especie más importante capturada por la pesquería de superficie en el OPO. Durante 1970-1974, los aportes porcentuales de las varias áreas oceánicas a la captura mundial de aleta amarilla fueron los siguientes: OPO, 40 a 48; Pacífico occidental, 16 a 24; Atlántico, 24 a 29; Indico, 6 a 13 (Figura 42). Los porcentajes equivalentes correspondientes a 1989-1993 fueron: OPO, 22 a 30; Pacífico occidental, 36 a 41; Atlántico, 12 a 16; Indico, 17 a 26. Es evidente que, pese a que las capturas de aleta amarilla en el OPO han aumentado sustancialmente desde 1970, los incrementos porcentuales en los Océanos Pacífico occidental e Indico han sido todavía mayores, por lo cual el OPO es ahora una fuente de aleta amarilla relativamente menos importante de lo que era a principios de los años 70.

### ***Evaluación de los stocks***

#### ***Indices de abundancia***

Es necesario, al evaluar la condición de un stock de peces explotado por una pesquería, disponer de estimaciones de su abundancia o, si eso no es posible, estimaciones de su abundancia

relativa. En general, no es posible estimar directamente la abundancia de un stock de peces, como por ejemplo el atún aleta amarilla en el OPO. Sin embargo, sí es posible evaluar los efectos de la pesca sobre un stock a partir de estimaciones de su abundancia relativa. Concretamente, es necesario calcular una serie de estimaciones de la abundancia relativa del stock correspondiente al período de interés. El personal de la CIAT usa tres métodos relativamente independientes para obtener índices de abundancia para el aleta amarilla.

### ***Método de cohortes***

El primer método, descrito por primera vez en las páginas 127 a 130 del Informe Anual de la CIAT de 1972, precisa que los peces capturados sean asignados a cohortes. Una cohorte consiste de todos los peces reclutados a la pesquería al mismo tiempo: por ejemplo, los peces de la cohorte X73 alcanzaron una talla de unos 30 cm en noviembre de 1973, ingresaron inicialmente a la pesquería en pequeñas cantidades durante el primer semestre de 1974, y contribuyeron a ella de forma significativa por primera vez durante el segundo semestre de ese año; los de la cohorte Y73, que alcanzaron unos 30 cm en mayo de 1973, ingresaron a la pesquería por primera vez en pequeñas cantidades en el segundo semestre del mismo año, y contribuyeron significativamente a la pesquería por primera vez en el primer semestre de 1974. El personal de la CIAT estima las capturas mensuales de peces de las cohortes X e Y, en número de peces, durante toda su vida (hasta un máximo de siete años). Hay por lo tanto peces de hasta 14 cohortes diferentes en la captura durante un mes. Se usan estos datos en análisis de cohortes (llamados a veces análisis de poblaciones virtuales), comentados en detalle en la subsección titulada ***Modelos con estructura de edades***. Se usa este método para producir dos índices de abundancia, uno para el stock total de peces reclutados a la pesquería (es decir, todos los peces de 30 cm o más) y el otro para los peces mayores (que han estado más de 17 meses en la pesquería) solamente; se presentan en la Figura 43. Si las estimaciones de dos otros parámetros usados para llevar a cabo los análisis de cohortes, las tasas presuntas de mortalidad natural y las tasas “de inicio” de mortalidad por pesca, son correctas, o casi correctas, las estimaciones obtenidas de estos análisis serán cercanas a las biomásas reales del stock. Sin embargo, no es posible calcular estimaciones precisas de las tasas de mortalidad natural de atunes con las técnicas actuales, y por lo tanto las estimaciones de la biomasa del stock derivadas de los análisis de cohortes podrían estar sesgadas positiva o negativamente. En vista de esto, deben ser considerados como índices útiles para comparar tendencias interanuales, y no como medidas de abundancia.

### ***Método de CPDP***

El segundo método, desarrollado en los años 50 (Boletines de la CIAT, 1 (2), y 2 (6)) y luego modificado a una forma más general (Boletín de la CIAT, 13 (3)), implica el análisis de estimaciones de la captura por día de pesca (CPDP) de un barco normal hipotético para una serie de años. Se comenta este método detalladamente en la subsección titulada ***Modelos de producción***. En la Figura 44 se ilustra la tendencia anual de este índice, junto con el índice correspondiente a la biomasa de los peces más grandes calculado a partir del análisis de cohortes (ajustado para que su promedio coincida con aquel del CPDP).

### ***Método de tiempo de búsqueda***

El tercer índice es similar al índice de CPDP, excepto que se basa en el período de tiempo que un barco pasa buscando pescado, es decir, los días de pesca menos las horas dedicadas a los lances pesqueros. Se ha refinado todavía más con ajustes del tiempo de búsqueda para compensar aquellos factores, tales como la velocidad del barco, que se ha descubierto afectan la efi-

cacia de la búsqueda. En los Boletines de la CIAT Vol. 18, N° 4, y Vol. 19, N° 3 se comenta este método, usado por primera vez en 1984 para el aleta amarilla en el OPO. En la Figura 45 se ilustra la tendencia anual de este índice, junto con el índice de la biomasa total calculado a partir del análisis de cohortes (ajustado para que su promedio coincida con aquel del método de búsqueda).

Las tendencias de los cuatro índices (dos del método de cohortes, más uno del método de CPDP y otro del método de búsqueda) son similares, aunque el índice de cohortes para peces mayores es más parecido al índice de CPDP (Figura 44) y el índice de cohortes para todos los peces es más parecido al índice de tiempo de búsqueda (Figura 45). Dos de los índices señalan que la población aumentó entre 1982 y 1986, uno que aumentó entre 1982 y 1985, y el otro que aumentó entre 1983 y 1986. El índice de cohortes para todos los peces (Figura 45) muestra una máxima en 1988, seguida por una declinación hasta 1992. El modelo de búsqueda (Figura 45) señala una disminución de 1991 a 1995. Los otros dos índices (Figura 44) permanecieron casi planos entre 1987 y 1995.

---

Ninguno de los modelos descritos a continuación es aplicable a menos de que ocurra poco o ningún intercambio de aletas amarillas entre el OPO y las regiones más al oeste. Se ha estudiado el nivel de intercambio de la especie entre estas áreas mediante el análisis de datos de marcado, características morfométricas, capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), tamaño del pescado capturado, etcétera, y parece que la mezcla de peces del OPO y de las áreas al oeste del mismo no es suficiente como para invalidar el uso de estos modelos.

#### ***Modelos con estructura de edades***

Los modelos con estructura de edades utilizan datos sobre el reclutamiento y sobre las tasas medias de crecimiento y mortalidad de peces individuales. Se obtienen estimaciones de estos parámetros del análisis de datos de frecuencia de talla y de los otolitos de los peces en la captura, complementados con datos de marcas devueltas y demás datos de varios tipos. Los investigadores de la CIAT han recopilado datos sobre la composición de tallas de aletas amarillas capturados en el OPO desde 1954, y han tenido acceso a datos análogos recopilados por el California Department of Fish and Game durante el período de 1951-1954. Los otolitos fueron coleccionados entre 1977 y 1979, y se realizaron los análisis a principios de los años 80. La gran mayoría del marcado fue llevado a cabo entre 1955 y 1981.

#### ***Análisis de cohortes***

Análisis de cohortes realizados por los investigadores de la CIAT han producido información sobre la abundancia relativa, mortalidad, y reclutamiento de peces de cohortes individuales muy útil para la evaluación del stock. El primer paso consiste en asignar a los peces a la cohorte adecuada. A continuación se calculan estimaciones del número de peces en cada cohorte al momento de reclutamiento y a varios intervalos subsiguientes, y también del número que es capturado y que muere durante cada intervalo. La información necesaria para realizar estos cálculos incluye la cantidad y peso promedio de los peces de cada cohorte en la captura, una estimación de la tasa de mortalidad natural (o estimaciones de una serie de tasas si la mortalidad natural no es constante para peces de distintas edades), y una estimación de la tasa de mortalidad por pesca correspondiente a por lo menos uno de los intervalos de captura de cada cohorte. Estas se denominan tasas "de inicio" de la mortalidad por pesca. Todas estas estimaciones se obtienen de los análisis de las estadísticas de captura, y de los datos de la frecuencia de talla, peso-talla, y pro-

porción de sexos. Los resultados de estos análisis no tienen la precisión deseada porque, aunque es fácil distinguir los peces de una cohorte cuando son jóvenes, se hace más y más difícil a medida que envejecen, y por consecuencia es probable que se asignen a menudo a cohortes incorrectas. Por lo tanto no sólo son menos precisas de lo deseable las estimaciones de las capturas de los peces de cada cohorte, sino que las estimaciones de las tasas de mortalidad son algo imprecisas. Específicamente, se usa un coeficiente anual de mortalidad natural ( $M$ ) de 0,8 para machos de cualquier edad. Para las hembras, se supone que  $M$  es 0,8 para los primeros 30 meses en la pesquería, y que subsecuentemente aumenta de forma lineal hasta llegar a 4,8 a los 80 meses. (En realidad, varía bastante entre cohortes.) Además, la capturabilidad de los peces varía con la edad, área, temporada del año, condiciones meteorológicas y oceanográficas, y otras circunstancias, y las tasas de crecimiento y el momento de reclutamiento también varían. Todo esto crea interferencia y produce también posiblemente un sesgo en los cálculos.

En la Tabla 17 se presentan las poblaciones medias estimadas de las distintas cohortes, expresadas en número de peces. En el caso de la cohorte X68, por ejemplo, el número medio de peces de edad 0 en el último trimestre del 1968 fue 26.154.000, y la población de la cohorte durante el primer, segundo, tercer, y cuarto trimestre de 1969 fue en promedio 21,41, 17,43, 13,89, y 10,52 millones de peces, respectivamente (filas de 1969, columna I). En 1970, el promedio de la población de peces de 2 años de edad de la misma cohorte del primer al cuarto trimestre fue 7,22, 4,51, 3,45, y 2,65 millones de peces, respectivamente (filas de 1970, columna II), y así sucesivamente. El promedio del número de peces de 0, 1, 2, 3, 4, 5, y 6 años de edad de las siete cohortes X (1968, 1967, 1966, 1965, 1964, 1963, y 1962) durante el último trimestre de 1968 fue 26,15, 14,66, 2,41, 0,97, 0,27, 0,08, y 0,06 millones, respectivamente (1968, última fila). Se presentan los valores para las cohortes Y de igual forma, excepto que éstas aparecen por primera vez durante el segundo trimestre del año.

En la Tabla 18 se presentan las estimaciones del número de reclutas de cada cohorte en el período de 1967-1995. Las estimaciones de 1995 son preliminares y están sujetas a cambios, debido a que los reclutas han estado expuestos a la pesca menos de un año, y si su vulnerabilidad a la captura fue superior o inferior al promedio, entonces el reclutamiento habría sido sobreestimado o subestimado. Ocurre lo mismo, si bien en grado menor, con las estimaciones de 1993 y 1994. Los promedios de los reclutamientos iniciales (Columnas 2-4) son 36 millones para la cohorte X y 43 millones para la cohorte Y; el promedio de la población media durante el mes de reclutamiento (Columnas 5-7) es 35 millones para la cohorte X y 42 millones para la cohorte Y. La variabilidad (el cociente de la estimación más grande a la más pequeña) entre años para el reclutamiento inicial es casi igual para la cohorte X (3,18) y la cohorte Y (3,11), y aquella de los datos combinados (2,75) indica una relación inversa (no necesariamente significativa) para las dos cohortes. El reclutamiento ha sido variable, pero el promedio de 1977-1995 (86,9 millones) supera aquel de 1967-1976 (64,6 millones). Parece que ha sido ascendiente la tendencia en el reclutamiento en los 20 últimos años, con un reclutamiento inicial medio de unos 66, 76, y 92 millones de peces durante los períodos de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1995, respectivamente (Figura 46). Se podría sin embargo postular que esto se debe a una variación aleatoria, especialmente en el período de 1973-1995, cuando el reclutamiento inicial medio fue de unos 85 millones de peces.

Los números de peces en la Tabla 17 fueron convertidos a pesos, usando los datos del peso promedio de los peces de distintas tallas (Tabla 19), para estimar la biomasa anual media (peso total promediado sobre cuatro trimestres) de cada cohorte. Se estimaron distintas tasas de inicio de mortalidad por pesca para los meses en los cuales se explotaron por última vez las distintas cohortes, de acuerdo con las fluctuaciones del esfuerzo de temporada a temporada. Además, para

permitir una comparación, se hicieron los cálculos para todas las cohortes con tasas de inicio superiores o inferiores a aquellas que se consideran ser las mejores estimaciones. Se ajustaron considerablemente estas tasas para lograr comparaciones mejores de las estimaciones medias anuales de las biomasa de las cohortes (Figura 43) con las demás tendencias estimadas de la abundancia (Figuras 44 y 45). Se estimaron las biomasa anuales medias, por grupo de edad, en la Figura 47 promediando los valores mensuales y combinando las estimaciones de las siete cohortes X y las 7 Y. En esta figura es fácil ver la fuerza relativa de las varias cohortes. Por ejemplo, el reclutamiento de las cohortes X84 y Y84 combinadas fue más o menos normal (Tabla 18) y su biomasa (Figura 47, sombreado doble) alcanzó su máximo a la edad de 2 años. Estas cohortes no fueron explotadas de forma intensiva hasta 1987, cuando tenían 2 años de edad (Figura 48). En cambio, el reclutamiento inicial de las cohortes X72 y Y72 combinadas (Figura 47, rayas diagonales) fue inferior al promedio (Tabla 18), y después de la pesca intensiva de los peces de la cohorte Y a la edad de 1 año en 1973 (Figura 48), su biomasa fue relativamente baja (Figura 47) en los años subsiguientes.

En la Figura 43 se presentan las estimaciones de la biomasa anual media correspondientes al período de 1967-1994, correspondientes a todos los peces de talla igual o superior a unos 30 cm y a "peces grandes" (todos los peces presentes en la pesquería durante más de 17 meses). El promedio de la biomasa total en el período 1967-1971 fue unas 473 mil toneladas cortas. Consistía de una gran proporción de peces de mayor tamaño, procedentes del reclutamiento de 1965-1967 y poco explotados en su juventud. El reclutamiento subnormal, junto con el aumento de la explotación durante el período de 1969-1972, provocó una reducción de la biomasa de peces más grandes de 1969 a 1974. La abundancia de los peces más pequeños aumentó en 1974 a raíz de una generación anual extremadamente numerosa en 1973 (Tablas 17 y 18), la cual respondió de la mayor parte del aumento en la biomasa total en 1975 y la biomasa de peces grandes en 1975 y 1976. La mayor captura anual de aleta amarilla en la historia de la pesquería antes de 1986 fue la de 1976 (Tabla 20). El reclutamiento inferior al promedio de 1975 y 1976, junto con la explotación aumentada de peces jóvenes entre 1973 y 1982, provocaron una reducción en las biomasa de todos los peces y de los peces mayores, alcanzando en 1982 el nivel más bajo observado en años recientes. Aunque el reclutamiento de 1977 fue bien superior al promedio, superado solamente por aquellos de 1973 y 1987, la captura de estos peces (y de aquellos del reclutamiento de 1978) a 1 y 2 años de edad fue tan elevada (Figura 48) que impidió que estas generaciones contribuyeran mayormente a la pesca en 1981 y 1982. El reclutamiento fue inferior al promedio desde 1979 hasta 1982, superior al promedio en 1983 y 1984, inferior en 1985, y de nuevo superior al promedio desde 1986 hasta 1995. La biomasa total aumentó en 1983, debido principalmente a la disminución del esfuerzo de pesca en ese año, y se incrementó mucho en 1984 y 1985 gracias al aumento del reclutamiento y a la reducción de la pesca de peces jóvenes. Permaneció elevada hasta 1988, pero luego disminuyó, aparte de un ligero aumento en 1993. La biomasa de peces mayores se redujo en 1990 y 1991, aumentó en 1992 y 1993, disminuyó en 1994, y volvió a incrementarse levemente en 1995.

En las Figuras 48 y 49 se presentan las capturas anuales de peces de las cohortes X e Y, y de ambas cohortes combinadas, durante el período de 1970-1995. En la Figura 48 cada recuadro incluye las capturas de peces de una sola cohorte en diferentes años, mientras que en la Figura 49 cada recuadro incluye las capturas de peces de distintas cohortes en un solo año.

Los cambios ocurridos en la composición por edad de la población y la captura se ven bien claros si se comparan las Figuras 47 (estimaciones anuales de la biomasa de las cohortes X e Y), 43 (estimaciones anuales de la biomasa total y de peces grandes), y 49 (capturas anuales, clasificadas por edad). En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca fue elevado, sobrevivían cada

vez menos peces hasta alcanzar tallas grandes. La reducción del esfuerzo en 1982, 1983, y 1984 permitió el desarrollo de muchos peces que anteriormente hubieran sido capturados de jóvenes. La contribución total de las cohortes X e Y combinadas en el período de 1968-1990 (Figura 48) fluctúa de las 148 mil toneladas de las cohortes de 1976 a las 409 mil toneladas de las de 1987, con un promedio de 239 mil toneladas para los 23 grupos. De no haber sido explotada tan intensamente la cohorte Y73 durante su primer año, las capturas correspondientes hubieran sido todavía mayores. Dividir las capturas de estas cohortes por las estimaciones del reclutamiento iniciales correspondientes (Tabla 18) arroja estimaciones del rendimiento por recluta (RPR) para cada cohorte (Figura 50) que oscilan entre 1,7 y 3,5 kg (3,8 y 7,7 libras). El RPR bajo de la cohorte X67 fue consecuencia de un esfuerzo de pesca bajo, no de capturas grandes de peces pequeños. El reclutamiento inicial para 1967-1990 varió de 49 a 135 millones de peces (Tabla 18), con un promedio de 78 millones, y produjo un RPR medio de 2,8 kg (6,1 libras).

### *Análisis de rendimiento por recluta*

Además de los análisis de cohortes, se usa también el modelo de rendimiento por recluta (RPR). Cuando los peces de una cohorte son jóvenes, el peso total aumenta debido al rápido crecimiento en peso de los peces individuales, mientras que las pérdidas por mortalidad natural son leves. A medida que envejecen los peces, se reduce su tasa de crecimiento, mientras que la mortalidad natural permanece más o menos igual o aumenta, y en consecuencia la disminución del peso total ocasionada por la mortalidad natural en ese período es superior al incremento por crecimiento, y el peso total sufre una pérdida neta. Eventualmente, la cohorte desaparece. La forma ideal de obtener el rendimiento en peso máximo de una cohorte de peces (suponiendo, para los fines de este estudio, que ese es el propósito de la administración de la especie) sería capturar cada pez justo antes de su muerte por causas naturales, situación imposible de lograr. La mejor alternativa sería capturar a los peces cuando alcancen la edad o tamaño al cual la pérdida en el peso total ocasionada por la mortalidad natural compensa exactamente la ganancia debida al crecimiento ("edad crítica" o "tamaño crítico"). Esto es factible en el caso de algunos moluscos, como las ostras y las almejas, que quedan expuestos al bajar la marea y pueden ser capturadas fácilmente en ese momento. Si se vigila constantemente un banco de moluscos, y se recogen con frecuencia aquellos ejemplares que han alcanzado el tamaño crítico, se está ejerciendo un esfuerzo pesquero infinito sobre los organismos que han alcanzado dicho tamaño. Es obvio que esto no es factible para la mayoría de las especies marinas.

Si tampoco es factible esta segunda alternativa, entonces la intuición sugiere que la pesca debería comenzar por aquellos peces que todavía no han alcanzado el tamaño crítico. Esta es la tercera alternativa, y es la única factible para la mayoría de las especies de peces. Se supone, por ahora, que el tamaño de ingreso (es decir, el tamaño de los peces más pequeños capturados) puede ser controlado eficazmente. Si el esfuerzo de pesca fuera intenso, se seleccionaría un tamaño de ingreso tan sólo ligeramente inferior al tamaño crítico, la mayoría de los peces capturados serían de edad y tamaño cercanos al nivel crítico, y el rendimiento sería casi tan elevado como con la segunda alternativa. Si el esfuerzo de pesca fuera menos intenso, se seleccionaría un tamaño de ingreso muy inferior al crítico, el rango de tamaño y edad de los peces capturados sería más amplio, y el rendimiento sería bien inferior a lo que se podría lograr con la segunda opción (pero continuaría representando el máximo posible sin incremento del esfuerzo).

No obstante, es posible que no se pueda controlar el tamaño de ingreso eficazmente. En tal caso, la única manera de administrar la pesquería es mediante el control de la captura o del esfuerzo. Si el tamaño de ingreso es superior al tamaño crítico, se puede permitir una captura o un esfuerzo ilimitado, pero si es inferior, limitar la captura o el esfuerzo podría aumentar el rendimiento.



Cabe señalar que es necesario permitir que algunos miembros de una cohorte se reproduzcan por lo menos una vez antes de ser capturados. Se comentará este tema en la subsección titulada **Relación reproductor-recluta**.

Cabe señalar además que un aumento en la densidad de una población de peces puede llevar a una reducción en el crecimiento de individuos o un aumento en la mortalidad natural. Por consiguiente, es posible que la pérdida por captura de algunos peces de tamaño inferior al crítico sea compensada, al menos parcialmente, por el crecimiento más rápido y/o la mortalidad natural inferior del resto de los peces. Además, si la densidad de la población influye en las tasas de crecimiento y de mortalidad natural, esto modificará el tamaño y la edad críticos de manera correspondiente. El modelo de RPR aquí descrito no toma en cuenta esta dificultad, pero se compensa en forma automática en los modelos de producción, comentados más adelante.

En el caso del aleta amarilla del OPO, las estimaciones del crecimiento y de la mortalidad natural obtenidas por los investigadores de la CIAT serían idealmente más confiables, pero se estima el tamaño crítico en aproximadamente 116 cm (32 kg ó 70 libras). La mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada son bastante más pequeños. A fines de los años cincuenta y principios de los sesenta, cuando la mayor parte de la flota atunera cambió de la pesca con carnada a la pesca con red de cerco, se incrementó el tamaño promedio de los peces capturados: muchos de ellos eran de tamaño igual o superior al crítico. La captura anual media lograda por las artes de superficie también aumentó de forma marcada después de la conversión a la pesca cerquera, cifrándose en unas 105 mil toneladas entre 1961 y 1970, en comparación con unas 84 mil toneladas en 1951-1960. La expansión de la pesquería hacia altamar a mediados y fines de los años sesenta fue un factor importante en este incremento de las capturas, pero también influyó el aumento en el tamaño promedio de los peces capturados.

El objetivo de la administración estipulado en el convenio de la CIAT es obtener el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS). En realidad, tal como se comenta en el primer párrafo de esta subsección, es imposible lograr el RPMS sin un esfuerzo de pesca infinito y un control completo del tamaño al cual se captura el pescado. No obstante, una administración realizada de conformidad con los resultados del modelado de RPR logrará rendimientos que se aproximarán al RPMS, siempre que el reclutamiento sea independiente del número de reproductores. (Se comentará la relación entre el reclutamiento y el desove más adelante, en la subsección titulada **Relación reproductor-recluta**.) En la Figura 51 se presentan las estimaciones del RPR que resultan de varias combinaciones de tamaño de ingreso y esfuerzo de pesca, correspondientes a dos épocas diferentes. (El esfuerzo de pesca se analizará más detalladamente en la subsección titulada **Modelos de producción**.) Distintas combinaciones de esfuerzo de pesca y tamaño de ingreso producen distintos RPR, señalados por las líneas curvas. Los cálculos se basan en los datos de crecimiento en peso detallados en la Tabla 19, los coeficientes de mortalidad por pesca (Figura 52) obtenidos del análisis de la biomasa descrito en la subsección titulada **Análisis de cohortes**, y las estimaciones de los coeficientes de mortalidad natural presentadas en esa subsección. Durante el período de 1978-1982 el esfuerzo de pesca fue máximo para peces pequeños y grandes y mínimo para peces medianos, mientras que durante 1989-1992 el esfuerzo de pesca se orientó en mayor medida hacia peces grandes y en menor medida hacia peces pequeños, con un esfuerzo intermedio dirigido hacia peces medianos. Los efectos de este cambio pueden ser observados en los histogramas de frecuencia de edad de la captura en la Figura 49. Si se aplicara una cantidad infinita de esfuerzo, el tamaño de ingreso óptimo sería 32 kg (70 libras) (el tamaño crítico), y el RPR 4,2 kg (9,3 libras). Las tamaños de ingreso que producirían los RPR máximos para diversos múltiplos del esfuerzo de pesca son señalados por líneas de trazos curvas



en la Figura 51. En el caso de 1978-1982, se puede ver en el primer recuadro de la Figura 51 que si el tamaño de ingreso aumentara a unos 14 kg (30 libras) y el esfuerzo permaneciera en unos 33 mil días (el nivel de 1978-1982), el RPR ascendería de unos 2,3 kg (5,0 libras) a unas 3,4 kg (7,4 libras). Para el período de 1991-1995 (Figura 51, recuadro inferior), un cambio en el tamaño de ingreso a 14 kg (30 libras) y un aumento en el esfuerzo de 20 mil días (el nivel de 1991-1995) a 33 mil días aumentaría el RPR de unos 3,0 kg (6,7 libras) a unos 3,8 kg (8,3 libras).

La descripción anterior supone, por implicación, que la alteración del tamaño de ingreso no modifica la distribución por área del esfuerzo de pesca, suposición que se vería justificada si la pesquería operara como se señala a continuación. Al principio, cuando el tamaño de ingreso es bajo, los barcos encontrarían algunos cardúmenes de peces pequeños y otros de peces grandes, y realizarían lances sobre ambos tipos. Posteriormente, cuando el tamaño de ingreso es mayor, los barcos realizarían lances solamente sobre cardúmenes con peces grandes. Por consiguiente, el esfuerzo dirigido hacia peces grandes en el segundo período sería igual que en el primero. Sin embargo, es probable que si el tamaño de ingreso del aleta amarilla aumentara por algún motivo, los pescadores tenderían a disminuir la búsqueda en estratos de tiempo-área con preponderancia de peces pequeños y la intensificarían en aquellos en que predominaran los peces grandes, aumentando probablemente el esfuerzo de pesca aplicado a peces grandes. En general, esto tendería a incrementar el RPR en mayor medida que lo indicado en la Figura 51, y parece que esto es lo que ha ocurrido en los últimos años.

El rendimiento total es el producto de las estimaciones del RPR y el reclutamiento. Por ejemplo, los RPR correspondientes a los períodos de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1994 son unos 2,5 kg (5,6 libras), 2,4 kg (5,4 libras), y 3,1 kg (6,9 libras), respectivamente (Figura 53). A partir de los análisis de cohortes, se estableció que el RPR anual medio fue 2,7 kg (6,0 libras) en el período de 1967-1995. Los rendimientos que se pueden obtener con estos RPR y un reclutamiento inicial de 87 millones de peces, el promedio de 1977-1995, son como sigue:

Período	RPR (libras)	Reclutamiento (millones de peces)	Rendimiento (miles de toneladas cortas)
1967-1975	5,6	87	244
1976-1984	5,3	87	231
1985-1995	6,7	87	291
1967-1995	6,0	87	261

El rendimiento con la mortalidad por pesca específica por talla de 1989-1995 es un 26% mayor que con aquella de 1976-1984. En Informes Anuales de la CIAT de años anteriores se ha señalado que el cambio de orientación del esfuerzo de pesca de peces pequeños a peces grandes provocaría un aumento de los RPR y de las capturas. Ocurrió un cambio de ese tipo, y resultó en un aumento en las capturas en 1985, 1986, y 1987. Sin embargo, en 1988 la pesquería capturó más peces de menor talla, debido a un reclutamiento especialmente elevado en 1987, pero en el período de 1989-1995 volvió a capturar peces más grandes (Figura 54). Tal como se puede ver en la Figura 53, el RPR disminuyó a un poco más de 6 libras en 1988, y a continuación alcanzó un promedio de unas 6,8 libras en 1989-1995. Desde 1974 el RPR en un año (Figura 53) ha estado altamente correlacionado (Figura 55) con el peso medio capturado en ese año (Figura 54). Cuando una cohorte es pescada tan sólo ligeramente, como en el caso de los años previos a 1974, la curva en la Figura 55 no arroja una predicción acertada del RPR.

### ***Relación reproductor-recluta***

Es necesario permitir que algunos miembros de una cohorte se reproduzcan por lo menos una vez antes de ser capturados. Si los peces desovan mucho antes de alcanzar el tamaño crítico, entonces no existe probablemente ningún peligro desde este punto de vista, pero si el desove no tiene lugar hasta después de que hayan alcanzado el tamaño crítico, y el esfuerzo de pesca es intenso, es posible que el número de reproductores se reduzca al grado de repercutir negativamente en el reclutamiento de años subsiguientes. En consecuencia, una estrategia de pesca orientada a lograr el RPR máximo no producirá necesariamente un rendimiento máximo. Si la estrategia de pesca influye en el reclutamiento futuro, se logrará el rendimiento máximo mediante un control de la pesca que optimice la magnitud de la cohorte y el RPR en forma simultánea. (No obstante, no se debe suponer que una leve reducción del número de reproductores reduciría el reclutamiento en años subsiguientes, puesto que esto no parece ocurrir con el aleta amarilla dentro del rango de abundancia de los reproductores observados (Figura 56).)

### ***Modelos de producción***

Los modelos de producción, a diferencia de los modelos con estructura de edades, se basan en datos de la totalidad de la población y no de especímenes individuales. Una población de peces que no ha sido expuesta recientemente a la pesca está a la magnitud máxima permitida por las condiciones ambientales; su mayor desarrollo se ve impedido por los predadores, por falta de alimento o de espacio vital adecuado, etcétera. Se dice que la población está en equilibrio cuando el incremento por reclutamiento y crecimiento es compensado a la larga por las pérdidas causadas por la mortalidad natural. Es posible que la magnitud de la población sea superior al promedio en años de condiciones ambientales particularmente favorables, e inferior al mismo en otros, pero generalmente se puede hacer caso omiso de estas condiciones al analizar las tendencias a largo plazo.

Si una o más embarcaciones pesqueras comenzaran a explotar la población, la captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone ser proporcional a la magnitud de la población, sería bastante elevada al principio, ya que la población estaría en su punto máximo. El incremento de la población seguiría siendo debido al reclutamiento y crecimiento, pero las pérdidas se deberían no sólo a la mortalidad natural sino también a la mortalidad por pesca, y por consiguiente disminuiría la población. En reacción a esta disminución, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural cambiarían, y la ganancia lograda por los dos primeros factores excedería la pérdida provocada por el último. Si se dejara de pescar, la ganancia neta haría que la población recuperara paulatinamente su magnitud original. A medida que la población se aproximase a esa magnitud, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural volverían gradualmente a los niveles anteriores, hasta acabar iguales a lo que eran antes de comenzar la pesca. En esta forma, la población recuperaría el equilibrio en su magnitud máxima. Sin embargo, si se continuara a pescar al mismo nivel, la población llegaría eventualmente a equilibrarse, pero con diferentes tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural, y sería de magnitud inferior a la original. La CPUE seguiría proporcional a la magnitud de la población. Si hubieran pocos barcos explotando el recurso, la magnitud de la población se reduciría levemente y la CPUE sería relativamente elevada, pero si hubieran muchos, la población se reduciría considerablemente y la CPUE sería mucho menor.

La captura total sería el producto de la CPUE y el esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, un incremento moderado del esfuerzo compensaría de sobra la reducción correspondiente de la CPUE y produciría capturas mayores, pero esto no sucedería si el nivel

de esfuerzo fuera más elevado. En algún nivel intermedio de esfuerzo el producto se encontraría en su punto máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS) de peces (meta estipulada en el convenio de la CIAT), el esfuerzo de pesca debería ser mantenido a ese nivel. Si el objetivo es obtener una ganancia máxima, el esfuerzo debería ser algo menor (suponiendo un precio constante), y si es lograr el mayor empleo posible de pescadores, debería ser algo mayor. Si el esfuerzo es inferior al grado óptimo seleccionado, se dice que la población está subexplotada, mientras que si es mayor al óptimo, se afirma que la población está sobreexplotada.

Es más fácil analizar la interrelación entre el esfuerzo, la captura, y la CPUE en condiciones de equilibrio, pero es necesario reconocer que rara vez existen estas condiciones. Por ejemplo, si la población se encuentra en equilibrio cerca de su punto máximo y súbitamente se incrementa el esfuerzo, la CPUE disminuirá paulatinamente durante un tiempo hasta alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE menor. Durante el período de transición las capturas serán mayores que en el nuevo punto de equilibrio. De manera similar, si la población se encuentra en equilibrio a un nivel bajo, debido a un esfuerzo excesivo, y el esfuerzo disminuye repentinamente, la CPUE aumentará gradualmente durante un tiempo antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE mayor. Durante el período de transición las capturas serán menores a las que se lograrán en el nuevo punto de equilibrio.

Es oportuno examinar ahora la aplicabilidad y utilidad de los modelos de producción para el atún aleta amarilla del OPO. El análisis anterior examinó "una población de peces". Tal como se comentó anteriormente, ninguno de los modelos de evaluación de los stocks sería aplicable a menos de que haya poco o ningún intercambio de aletas amarillas entre el OPO y las regiones más al oeste. Antes de 1990 se realizó el modelado de producción solamente para el ARCAA, pero (tal como se explica en la página 233 del Informe Anual de la CIAT de 1989) se decidió realizar análisis basados en la suposición de que las capturas realizadas en el OPO (al este de 150°W) provienen de un solo stock.

Se puede evaluar si son aplicables los modelos de producción sólo si (1) existen datos de captura y esfuerzo o de captura y CPUE de un amplio rango de niveles de esfuerzo de pesca, que de preferencia incluyan períodos de subexplotación y sobreexplotación, y (2) las perturbaciones causadas por la fluctuación de las condiciones ambientales no alcanzan a ocultar los cambios en la abundancia aparente provocados por las variaciones en el esfuerzo de pesca. Se observará más adelante que sí existen datos sobre un amplio rango de niveles de esfuerzo de pesca. Los efectos de las condiciones ambientales también se analizaron en Informes Anuales de la CIAT de años anteriores. Estos efectos suelen compensarse en períodos relativamente cortos, aunque existen algunos indicios, comentados más adelante, de que ha aumentado la productividad del aleta amarilla en el OPO.

En esta subsección se usa solamente esfuerzo estimado dividiendo la captura total de aleta amarilla por la CPDP de aleta amarilla correspondiente a barcos cerqueros de la Clase 6 (de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo) excepto en el modelo de tiempo de búsqueda. En la Figura 44 se señalan los valores de CPDP correspondientes al período de 1967-1995. En la Figura 45 se presenta un índice de la abundancia en 1970-1995 basado en el modelo de tiempo de búsqueda, similar al modelo de CPDP. En estas dos figuras se presentan también índices de la abundancia del aleta amarilla derivados del análisis de cohortes descrito anteriormente.

Los datos de CPDP en la Tabla 20 y la Figura 44 indican que la abundancia del aleta amarilla en 1986 fue la más alta del período de 1967-1986, y que desde entonces ha permanecido estable a un nivel ligeramente inferior a aquel de 1986. En vista de las escasas capturas en 1982, 1983, y 1984, que permitieron a la población incrementarse, este aumento en la abundancia era

de esperar, como también lo era la disminución de 1986 a 1987, ocasionada por las grandes capturas durante esos dos años. Sin embargo, las CPDP de 1985-1995 han sido más altas aún de lo que se esperaría a partir de los resultados de un análisis basado en datos de 1967-1983. Esto se debió probablemente a (1) un reclutamiento superior al promedio, (2) una reducción del esfuerzo en las zonas de mayor abundancia de barrilete, a raíz de la disminución de la demanda de barrilete y de aleta amarillo pequeño, y (3) el mayor tamaño promedio del aleta amarilla capturado, que produjo un RPR más elevado. En cuanto al punto (2), cabe mencionar que si se considera grave el problema, se podría solucionar usando el modelo de tiempo de búsqueda (Figura 45), que incluye un ajuste para el efecto producido por la pesca en las zonas de mayor abundancia de barrilete.

El modelo simétrico de producción, descrito a continuación, fue aplicado por primera vez (Boletín de la CIAT, 2 (6)) con datos de captura, esfuerzo, y CPUE de los barcos de carnada en el Area A1 (Figura 57) en el período de 1934-1955, que abarcaban un amplio rango de esfuerzo al lado de la curva correspondiente a la subexplotación. Dichos datos indicaban que, dentro del rango de esfuerzo de pesca incluido, la población se conformaba al modelo. En 1960 y 1961 el esfuerzo fue mayor al nivel óptimo por primera vez, y la población reaccionó en años subsiguientes, provocando capturas y CPUE inferiores, lo que sirvió para una mayor confirmación de la aplicabilidad del modelo.

Antes de mediados de los años sesenta sólo se pescaba en la parte del OPO cercana a la costa, y alrededor de algunas islas y bancos de altamar. A mediados y fines de esa década comenzó a incrementarse la flota pesquera, y el esfuerzo de pesca se extendió a una distancia mucho mayor de la costa. Las tres áreas denominadas A1, A2, y A3 (Figura 57) representan respectivamente la extensión original de la pesquería, el resto del ARCAA, y el resto del Océano Pacífico oriental. Si el intercambio de peces entre estas tres áreas fuera instantáneo, el RPMS de las tres zonas combinadas sería igual al del Area A1 solamente, y si no hubiera intercambio, el RPMS de las tres áreas combinadas sería la suma de los RPMS individuales de las tres áreas. Estudios descritos detalladamente en Informes Anuales de la CIAT de años anteriores indican que el intercambio de peces entre las tres áreas es relativamente lento; por lo tanto, el RPMS de A1, A2, y A3 combinadas es superior a aquel del Area A1, pero inferior a la suma de los RPMS individuales de A1, A2, y A3.

Tal como se mencionó anteriormente, es necesario contar con datos que abarquen un amplio rango de esfuerzo para estimar el RPMS. En 1968, una vez se hizo evidente que la estimación del RPMS calculada para el Area A1 no era aplicable al ARCAA entero, los Comisionados autorizaron a los investigadores emprender un programa experimental de manejo con el objetivo de obtener, lo antes posible, una estimación del RPMS del ARCAA. Esto fue necesario puesto que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los escasos años transcurridos desde la extensión de la pesca hacia altamar. Al sobrepasar los niveles óptimos del esfuerzo, la captura se reduciría, o al menos no aumentaría. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que ésta se hubiera reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta obtener una estimación suficientemente precisa del RPMS. Sin embargo, esto requiere de bastante tiempo, ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca, y también porque las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de manejo permaneció vigente hasta 1979.

Se utilizan técnicas de regresión para obtener estimaciones de los parámetros de los modelos de producción, usando datos de esfuerzo y captura en varios años. Uno de estos parámetros es una estimación de la biomasa de la población al principio del primer año. Se estima la biomasa

de la población al principio del segundo año a partir del modelo, la captura en el primer año, y las demás estimaciones de los parámetros, y así sucesivamente en los demás años. Se usa el mismo método para estimar la biomasa anual media de la población.

En años recientes se han estimado dos ajustes, uno para el período de 1968-1983 y el otro para el período que va desde 1984 hasta el último año para el cual se dispone de datos.

En los Informes Anuales de la CIAT de años anteriores se presentaron dos análisis para el ARCAA basados en los modelos de producción. Uno de ellos emplea el modelo logístico o simétrico, en el cual se supone que la relación de equilibrio entre la captura y la CPDP es lineal. El otro emplea el modelo generalizado de producción del stock, para el cual dicha relación no necesita ser lineal. En ambos análisis se usaron solamente datos del esfuerzo estimados mediante la división de la captura total por la CPDP de los barcos de la clase 6 de arqueo. En todos los ajustes previos se fijó el coeficiente de capturabilidad  $q$  igual a 0,000039, estimación obtenida anteriormente con datos de 1968-1982, lo que implica que la capturabilidad de los peces de diversas edades no ha cambiado con el tiempo. Los datos usados y las estimaciones calculadas para estas dos curvas en el Informe Anual de la CIAT de 1987, página 195, fueron:

Ajuste	$m$	$q$	Rendimiento máximo sostenible (ARCAA) en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados ( $\times 10^{-9}$ )
1	2,0	0,000039	174	2,224
2	0,8	0,000039	178	3,330

$m$  es un parámetro que controla la forma de la curva; 2 la hace simétrica, los valores inferiores a 2 hacen que sea asimétrica hacia la derecha, y los valores superiores a 2 la hacen asimétrica hacia la izquierda. La suma de los cuadrados es una medida de la precisión del ajuste de los puntos a la curva; como más bajo el valor, mejor el ajuste, y viceversa.

A partir de los análisis del modelo de producción basados en datos del período de 1968-1985, en la página 154 del Informe Anual de la CIAT de 1985 se afirmó que, para permitir al stock alcanzar su magnitud óptima, la captura de 1986 en el ARCAA no debía superar a las 224 mil toneladas. Sin embargo, puesto que algunas estimaciones señalaban una cantidad inferior, se fijó la cuota máxima para 1986 en 205 mil toneladas. La captura en el ARCAA en 1986 alcanzó 253 mil toneladas, pero los índices de abundancia no disminuyeron durante ese año. Anteriormente se demostró que este aumento inesperado de la producción se debía a un incremento del reclutamiento y del RPR. Las fluctuaciones en el reclutamiento y los cambios en la mortalidad por pesca por edad específica siempre han creado dificultades en la aplicación de los resultados de los análisis del modelo de producción. Tal como se mencionó anteriormente, el reclutamiento en el período de 1983-1991 fue superior al promedio, y estos niveles de reclutamiento, junto con los cambios en la mortalidad por pesca por edad específica, hacen que sean poco confiables a corto plazo las predicciones hechas a partir de los análisis de los modelos de producción. Por ejemplo, agregar los datos de 1986 y 1987 a la base de datos del período 1961-1985 y calcular nuevamente los parámetros del modelo de producción cambió muy poco las estimaciones del RPMS y el esfuerzo óptimo, y a la larga ambos modelos, el simétrico y el asimétrico, con el ajuste arriba descrito, describieron adecuadamente la producción potencial media del stock. Sin embargo, al agregar los datos de 1988 se vio bien clara la necesidad de una explicación diferente. La captura de 1988 fue tan grande que un colapso de la población y unas CPDP extremadamente bajas a principios de 1989 fueron esperados a partir del modelo. Obviamente, esto no sucedió.

El RPR medio más bajo (Figura 53) del período de 1976-1984, en comparación con el de 1967-1975, fue compensado por el mayor reclutamiento promedio (Figura 46) al computar la pro-

ducción del stock. Sin embargo, durante el período de 1985-1995 aumentó tanto el RPR promedio como el reclutamiento promedio, llevando a una mayor producción del stock. Durante los tres períodos mencionados en la página 265 el reclutamiento inicial estimado, peso promedio (Figura 54), RPR, rendimiento potencial, y capturas anuales del OPO fueron los siguientes:

Período	Reclutamiento inicial (millones de peces)	Peso promedio lb (kg)	RPR (libras)	Rendimiento potencial (OPO) (1000 tons.)	Captura observada (1000 tons.)
1967-1975	66	24,4 (11,1)	5,6	185	184
1976-1984	76	15,3 (6,9)	5,3	201	196
1985-1992	92	26,4 (12,0)	6,7	308	299

Ya que las capturas promedio fueron aproximadamente iguales en los dos primeros períodos no presenta dificultades el ajustar los modelos de producción a los datos de esfuerzo y captura de 1968-1984. No obstante, ya que aumentaron el reclutamiento y el RPR durante el tercer período, se hace imposible explicar la relación entre captura y esfuerzo a partir de la suposición de que los parámetros de la población permanecen constantes. Por consiguiente se ajustaron los datos con dos conjuntos de parámetros diferentes, uno para los datos de 1968-1983, y el otro para los datos de 1984-1995 (Figuras 58 y 59, recuadros superiores). Los resultados son los siguientes:

Período	$m$	Rendimiento máximo sostenible (OPO) en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados ( $\times 10^{-9}$ )
1968-1983	2,0	211	1,7680
1968-1983	0,8	200	1,9000
1984-1995	2,0	322	0,7092
1984-1995	0,8	328	0,7081

Los rendimientos estimados para el período de 1984-1995 parecen ser demasiado elevados, según el modelo de RPR, pero se dispone de solamente doce años de datos, y únicamente los once últimos contribuyen al ajuste. Además, hubo poca variación en el esfuerzo durante este período. Ya que el esfuerzo fue bastante constante, especialmente entre 1991 y 1995, el punto de 1995 debería haber caído cerca de la línea de trazos superior, y no debajo de la misma. Esto indica que el stock ha entrado en un nuevo nivel de productividad entre las dos líneas de trazos. El modelo simétrico ( $m = 2,0$ ) parece producir un ajuste mejor (Figura 58), pero el modelo asimétrico con  $m = 0,8$  (Figura 59) produce una suma de cuadrados más baja para el último período.

En los recuadros inferiores de las Figuras 58 y 59 se comparan las CPDP observadas con las CPDP esperadas calculadas del modelo mismo, usando valores de  $m$  de 2,0 y 0,8 y datos de dos períodos distintos. Se puede ver que generalmente han correspondido bastante bien, en promedio, a lo largo de los años presentados, pero que están empezando a divergir. Sin embargo, en años específicos ocurren divergencias amplias, especialmente para  $m = 0,8$ . Esto se debe a que los modelos de producción sean esencialmente modelos de regresión que suponen condiciones normales, y no pueden reflejar los efectos de cambios grandes a corto plazo en el reclutamiento o la mortalidad por edad específica. La diferencia en la tendencia de 1993-1995, empero, se debe probablemente a un cambio en la productividad del stock.

### **Condición del stock en 1995 y consideraciones para 1996**

Los análisis de cohortes producen estimaciones del número y peso de los peces de cada grupo de edad en la pesquería al principio de 1996 y, si se cumplen ciertas suposiciones acerca del número de peces reclutados y la mortalidad por pesca por edad específica durante 1996, también proporcionan una base para la estimación de la captura en dicho año. Se ha partido de la suposición que el reclutamiento durante 1995 y 1996 es igual al promedio de los reclutamientos de 1989-1995, y que la mortalidad por pesca por edad específica en 1996 es igual a la de 1995. La suposición con respecto a la mortalidad por pesca por edad específica implica que el esfuerzo de pesca será igual en 1996 que en 1995. Los resultados indican que la captura durante 1996 será igual a la de 1995, a menos de que cambie el esfuerzo. Sin embargo, si la pesquería se dedica nuevamente a la captura de peces de menor tamaño, tal como ocurrió en el período de 1978-1982 y, en menor grado, en 1988, la captura de 1996, con el esfuerzo al nivel de 1995, sería más baja. Claro que si el reclutamiento de 1995 y 1996 resulta ser inferior o superior al promedio, la captura de 1996 será asimismo inferior o superior a lo esperado.

Los análisis del RPR demuestran que dicho rendimiento, a niveles actuales de esfuerzo, sería un 30% mayor si en el futuro la flota sigue concentrando su esfuerzo en peces grandes, tal como hizo en 1991-1995, y no hacia peces pequeños, tal como ocurrió en 1978-1982 (la diferencia, con 20.000 días, entre las curvas sólidas y de trazos en la Figura 60). El nivel de esfuerzo durante 1991-1995 fue de aproximadamente 20 mil días de cerqueros de la clase 6 por año, mientras que en 1978-1982 fue en promedio unos 33 mil días por año. Una reducción de 33 mil a 20 mil días durante el período anterior hubiera producido un aumento de aproximadamente 2% en la captura y 68% en la CPDP. Por lo tanto, la combinación del RPR aumentado con el esfuerzo reducido produciría un aumento de un 33% en el RPR ( $1,02 \times 1,30 = 1,33$ ). En la Figura 60 se ilustran los RPR correspondientes a dos pautas diferentes de mortalidad por pesca por edad específica.

En la Figura 61 se ilustran los efectos de dos niveles promedio de reclutamiento distintos, aquellos de 1991-1995 ("elevado") y de 1978-1982 ("bajo"), combinados con la mortalidad por pesca por edad específica de 1991-1995. La captura es aproximadamente 20% mayor con un reclutamiento elevado que con un reclutamiento bajo con los niveles de esfuerzo de 1978-1982 ó 1991-1995.

En la Figura 62 se ilustran los efectos combinados de reclutamiento elevado y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella de 1989-1992 *versus* reclutamiento normal y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella de 1978-1982. En este caso la captura de la primera combinación supera a aquella de la segunda por un promedio de 62% para niveles de esfuerzo entre 10 mil y 35 mil días. Un poco menos de la mitad del aumento en la captura estimada proviene del reclutamiento aumentado y un poco más de la mitad del RPR aumentado.

Los modelos de producción para los cuales se estimaron los parámetros con los datos de 1968-1983 predicen que el stock de aleta amarilla se reduciría a cero a principios de 1990, a raíz de las capturas grandes logradas durante 1985-1989. Estos modelos permiten una captura casi nula en 1990-1996. Obviamente estas estimaciones no son representativas de las condiciones en la pesquería desde 1983 ó 1984. Tal como se indica arriba, los análisis con estructura de edades demuestran que ocurrieron cambios mayores en la mortalidad por pesca por edad específica y el reclutamiento entre 1983 y 1985, y que estos cambios causaron que la producción del stock sea mucho mayor que lo esperado por los parámetros del modelo de producción correspondientes a 1968-1983. Si se supone que los datos de los años más recientes representan las condiciones actuales en la pesquería, y se estiman de nuevo los parámetros del modelo de producción de la forma descrita anteriormente, entonces las capturas esperadas corresponden mucho mejor a las

observadas (recuadros inferiores de las Figuras 58 y 59). Con los parámetros nuevamente estimados del modelo, se estima que la captura de equilibrio en el OPO en 1996, con los niveles de esfuerzo reducidos de 1992-1995, sería aproximadamente 290 a 300 mil toneladas. Con este nivel de esfuerzo reducido, los dos modelos de producción indican que la CPDP debería caer entre 16 y 17 toneladas. Estos valores son casi seguramente demasiado altos; es más probable que la CPDP quedará entre unas 13 y 15 toneladas.

Se estima que el reclutamiento ha fluctuado por un factor de 3, aproximadamente, y que no parece tener relación con la magnitud del stock dentro del rango de datos de pesca observados (Figura 56). Esta situación dificulta aún más la elaboración de pronósticos a corto plazo con modelos de producción. Para mejorar las predicciones obtenidas a partir de este modelo es necesario utilizar información sobre el reclutamiento. Lo más conveniente sería efectuar pronósticos con uno o dos años de anticipación, pero no es posible en la actualidad. En la Figura 63 se presentan las curvas de rendimiento derivadas de los modelos de RPR para los períodos de 1978-1982 y 1991-1995 (Figura 62, líneas sólidas y de trazos, respectivamente), más los puntos y curvas de producción de los períodos de 1968-1983 y 1984-1995 (recuadro superior de la Figura 59, líneas de trazos inferior y superior, respectivamente). Durante el período de 1968-1983, cuando hubo una variación interanual considerable en el esfuerzo, pero las capturas anuales promedio fueron aproximadamente iguales, por los motivos comentados en las páginas 273-274, las curvas de los dos modelos corresponden bien entre sí. Para el período de 1984-1995, sin embargo, cuando hubo poca variación interanual en el esfuerzo, las curvas no corresponden bien. El modelo de RPR indica que el esfuerzo en el período de 1984-1995 fue mayor al necesario para producir la captura máxima, mientras que el modelo de producción indica lo contrario.

En resumen, la evaluación del efecto de la pesca sobre la abundancia y rendimiento del aleta amarilla en el OPO presenta dificultades. El uso exclusivo de los modelos de producción arroja resultados tenues, y en consecuencia se han combinado los resultados de tres modelos diferentes (RPR, cohortes, y producción) para llegar a lo que se cree ser las conclusiones más acertadas. Sin embargo, los pronósticos basados en estos análisis están sujetos a un margen de error considerable, y se prosigue por lo tanto la exploración de técnicas analíticas alternas para llegar a las mejores estimaciones posibles de la productividad del stock de aleta amarilla.

Los análisis precedentes de RPR, representados por la curva de trazos en la Figura 62, demuestran que el nivel actual de esfuerzo (20.000 días de la clase 6) cae dentro del rango de los niveles necesarios para capturar el RPMS (18.000 a 22.000 días). Demuestran además que la captura real varía en conformidad con el nivel del rendimiento y la mortalidad por pesca por edad específica (Figuras 60-62). La captura de equilibrio con la mortalidad por pesca por edad específica de 1995, un reclutamiento de 87 millones de peces (el promedio de 1989-1995), y 20 mil días de esfuerzo sería aproximadamente 282 mil toneladas por año, pero se tardaría varios años en llegar al equilibrio; la captura en 1996 sería unas 270 mil toneladas. Si se aumentara el esfuerzo a unos 23 mil días, la captura de equilibrio sería unas 283 mil toneladas, pero en 1996 la captura sería unas 295 mil toneladas. Cabe destacar que un aumento del esfuerzo de 20 mil a 23 mil días (un aumento de 15%) aumentaría la captura de equilibrio en solamente unas mil toneladas por año (un aumento de 1%), pero la CPDP de equilibrio disminuiría de unas 14,1 a unas 12,9 toneladas por día (una reducción de 9%). Si se incrementara el esfuerzo a 27 mil días, la captura en 1996 sería de unas 324 mil toneladas, pero la captura de equilibrio disminuiría a unas 280 mil toneladas (una reducción de 1%) y la CPDP de equilibrio a unas 10,3 toneladas, una reducción de 27%.

El uso de estimaciones actuales de los parámetros del modelo de producción arroja estimaciones del tamaño del stock sustancialmente mayores al nivel óptimo. De ser así, la pesquería



podría capturar una cantidad de pescado superior al RPMS, que sería unas 325 mil toneladas por año del OPO, 275 a 285 mil de las cuales provienen del ARCAA. Sin embargo, se debería tener cuidado en el uso de los valores del modelo de producción, por dos motivos. En primer lugar, el nivel de esfuerzo ha sido casi constante desde 1984 y los valores observados de las capturas y las CPDP han sido sustancialmente inferiores a los valores predichos (Figuras 58 y 59, recuadros inferiores). (Se estimaron los parámetros a partir de datos de 1984-1995.) Bajo estas condiciones, las estimaciones son altamente imprecisas. En segundo lugar, el reclutamiento (Figura 46) parece haber estado disminuyendo en los últimos años, y si sigue así, o se estabiliza al nivel de 1991-1995, nuevas estimaciones de los parámetros del modelo de producción indicarán que la productividad del stock es menor de lo que se indicaba anteriormente.

Tal como se mencionó, es posible que en el futuro la flota dirija una mayor porción del esfuerzo hacia peces no asociados con delfines. El pescado capturado en cardúmenes no asociados o asociados con objetos flotantes es más pequeño que aquel capturado en asociación con delfines (Figura 64), así que un cambio en la modalidad de pesca llevaría a una declinación de la captura sostenible de aleta amarilla en el OPO. Esta reducción, que podría tardar varios años en manifestarse completamente, podría reducir las capturas hasta 150 a 200 mil toneladas por año. (Cabe destacar, sin embargo, que los modelos de producción nunca han sido aplicados a una serie de datos del OPO que no incluye la pesca de atunes asociados con delfines.)

## ATUN BARRILETE

Las capturas mundiales de barrilete han superado las de las otras especies de atunes desde hace muchos años. El barrilete formó un 45%, 51%, 46%, 46% y 47% de las capturas mundiales de las especies de mayor importancia comercial (barrilete, aleta amarilla, patudo, albacora, aleta azul del norte y del sur) en 1990, 1991, 1992, 1993, y 1994, respectivamente. En el Océano Pacífico el barrilete formó un 48%, 56%, 49%, 52%, y 53% de la captura en esos mismos años. En la Figura 65 se detallan las capturas mundiales de barrilete, clasificadas por área. Las capturas en el Océano Pacífico son mucho mayores que las del Océano Atlántico e Índico, y las del Pacífico central y occidental mucho más grandes que las del Océano Pacífico oriental (OPO). Las capturas en el OPO no demostraron ninguna tendencia positiva entre 1961 y 1995, mientras que las capturas en las otras áreas han aumentado marcadamente.

Existen pesquerías sustanciales de barrilete en el Pacífico nororiental cerca de Baja California, las Islas Revillagigedo, y la Isla Clipperton, y en el Pacífico sudeste cerca de Centroamérica, el norte de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito, y las Islas Galápagos. La zona de aguas muy cálidas a la altura de México meridional que separa estas dos regiones generalmente carece de barrilete (Figuras 4 y 5), pero en algunos años (1956, por ejemplo) la distribución de barrilete ha sido continua de norte a sur. La pesca del barrilete en el OPO suele tener lugar más cerca del litoral que la del aleta amarilla, pero en los últimos años, especialmente 1995, ha aumentado la proporción de barrilete capturado mar afuera. En el Océano Pacífico central se explota el barrilete a menor escala cerca de las islas de Hawaii y la Polinesia Francesa (las Islas Marquesas, Tuamotu, y Sociedad). Más al oeste, particularmente entre 10°N y 10°S al este de 140°E, existen pesquerías de barrilete mucho más importantes.

Las capturas totales de barrilete en el OPO varían considerablemente de año a año (Tabla 1, Figura 65), y las áreas donde se captura la especie también varían de año a año. A fines de la década de los 50 se realizaron grandes capturas de barrilete al sur de 5°S, y desde entonces hasta principios de los años 70 cerca de la costa del Ecuador y el norte de Perú. A principios de los años 70 el centro de abundancia del grupo sureste pareció trasladarse a aguas frente a Colombia y

Centroamérica, y una década después volvió a Colombia y Ecuador. En 1995 se realizaron capturas sustanciales frente a Perú y en aguas de alta mar al norte y al sur del ecuador (Figura 5).

En la Figura 18 se ilustra la composición de tallas de las muestras de barrilete tomadas en el OPO entre 1990 y 1995. Son evidentes diferencias entre años; los peces fueron más pequeños en 1992, 1993, y 1995 que en los otros años.

Los atunes son capturados en tres tipos de cardúmenes: asociados con delfines, con objetos flotantes, tales como troncos de árboles, y no asociados con nada excepto otros peces. A diferencia del aleta amarilla, no se captura con frecuencia el barrilete en cardúmenes asociados con delfines. Se presentan en la Tabla 4 datos del número de lances cerqueros registrados de cada tipo, las capturas de aleta amarilla, barrilete, y patudo en dichos lances, y las capturas totales de las tres especies. El número de lances sobre atunes asociados con objetos flotantes y no asociados fue máximo entre mediados de los años 70 y principios de los 80, y en ese período se lograron las mayores capturas de barrilete. Hay actualmente mucha oposición a la pesca de atunes asociados con delfines, y si los barcos que han pescado de esa manera en años recientes dirigieran su esfuerzo hacia atunes asociados con objetos flotantes y no asociados, es probable que aumenten las capturas de barrilete (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 92 (1): 132-143).

### ***Estructura de la población***

El barrilete ocurre en todas las aguas tropicales y subtropicales del Océano Pacífico, y se sabe que ocurre un intercambio considerable de peces entre áreas (Figura 66). Es de importancia fundamental establecer si estos peces forman parte de una sola subpoblación o de varias, y en este último caso, determinar dónde ocurren las distintas subpoblaciones y cómo varía su distribución con el tiempo y la edad. Se han usado varios métodos para estudiar este problema, entre ellos el análisis de las estadísticas de captura, el ciclo vital, el marcado, datos genéticos bioquímicos, y datos de la composición química de los otolitos de los peces. Diversas organizaciones, entre ellas la CIAT, la Comisión del Pacífico Sur, el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EE.UU., y varias entidades japonesas, han estudiado estos temas. Los resultados de estos estudios fueron analizados en una reunión de trabajo patrocinada por la Comisión del Pacífico Sur en 1979, a la que asistieron biólogos pesqueros y especialistas en genética de población; las conclusiones de esa reunión fueron analizadas a fondo en el Informe Anual de la CIAT de 1983, páginas 186-189. En resumen, habían dos hipótesis principales sobre el barrilete del Océano Pacífico: (1) la hipótesis de subpoblaciones separadas, que afirmaba que en el Océano Pacífico existen al menos dos subpoblaciones de barrilete genéticamente distintas; (2) la hipótesis de gradación (o clinal), que sostenía que no existen subpoblaciones separadas de barrilete en el Océano Pacífico, sino que hay aislamiento por distancia: es decir, la probabilidad de hibridización de dos peces dados es una función inversa de la distancia entre los dos. En la reunión de trabajo se concluyó que la información disponible no permitía decidir a favor de una u otra de las dos hipótesis. Estudios posteriores, descritos en el Informe Anual de la CIAT de 1994, páginas 255-257, no produjeron información que serviría mejor como base para decisiones administrativas. (No se deben considerar inútiles esos estudios, ya que es posible que la información que arrojaron sea eventualmente combinada con información reunida en el futuro para lograr una comprensión mucho más amplia de la estructura de los stocks de barrilete del Océano Pacífico.)

### ***Abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura***

Tal como se comentó anteriormente, la abundancia aparente del barrilete es altamente variable en el OPO. Se cree que esto se debe más a los efectos de las condiciones ambientales que a los de la pesca. En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, se publicó un análisis de los efectos de

las condiciones ambientales sobre la abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura del barrilete en el OPO, y en el Informe Anual de la CIAT de 1994, páginas 257-258, se resumen algunos de los resultados del mismo. En general, los resultados obtenidos por los investigadores de la CIAT, en sus intentos por relacionar la abundancia aparente del barrilete con las condiciones ambientales, indican que esta relación es compleja y sutil. El problema podría quizás ser resuelto parcialmente si se pudieran realizar estudios biológicos y estadísticos de toda la unidad (o de todas las unidades si hay más de una) de la población que contribuye a la pesquería en el OPO, en lugar de analizar tan sólo la parte que habita el OPO durante parte de su ciclo vital. Se cuenta con datos utilizables sobre la captura, el esfuerzo, y la CPUE para tan sólo algunas partes de la unidad (o unidades) de la población del Pacífico. Separar las capturas de peces provenientes de aquella unidad (o unidades) de población que contribuye(n) a la pesquería del OPO de aquella(s) que no contribuye(n) constituye un problema adicional.

### ***Evaluación de los stocks***

Se sabe desde hace tiempo que ocurre intercambio de peces entre el OPO y el Pacífico central y occidental (Figura 66), pero no existen medidas del alcance de este intercambio.

Las capturas de barrilete en el OPO son más variables que las de aleta amarilla. Esto se debe a la mayor abundancia, disponibilidad, y/o vulnerabilidad a la captura del barrilete en el OPO comparado con el aleta amarilla. Las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de barrilete varían entre años por un factor de aproximadamente 7 (Boletín de la CIAT, 19 (6): Tablas 9 y 10), mientras que las de aleta amarilla varían entre años por un factor de aproximadamente 3 (Tabla 20). La mayor variabilidad del barrilete se debe a dos factores. En primer lugar, el reclutamiento del barrilete (Boletín de la CIAT, 19 (6): Tabla 14) es más variable que aquel del aleta amarilla (Tabla 18). En segundo lugar, se capturan menos grupos de edad de barrilete que de aleta amarilla, y la presencia de más grupos de edad suele disminuir las fluctuaciones entre años en las capturas. Además, se deben tener en cuenta factores económicos. Con la sustitución de barcos pequeños con barcos grandes en las décadas de los 70 y 80, mayores proporciones del esfuerzo de pesca fueron ejercidas a mayor distancia de la costa, donde el barrilete es menos abundante y más difícil de capturar. También, los pescadores a veces no aprovechan oportunidades para capturar barriletes en áreas donde abundan y son fáciles de capturar porque las enlatadoras no los aceptan o porque su valor es considerablemente inferior a el del aleta amarilla.

### ***Indices de abundancia***

A partir de datos de captura y esfuerzo se calcularon de varias formas estimaciones de la abundancia relativa del barrilete en el OPO. A pesar de que las pesquerías de cerco y de carnada del OPO están dirigidas principalmente hacia el aleta amarilla y barrilete, y la distribución geográfica de las dos especies es similar, hay estratos de área-tiempo-modalidad de pesca en los cuales las capturas de barrilete son insignificantes. Específicamente, rara vez se captura barrilete en lances cerqueros sobre atunes asociados con delfines, y existen áreas, por ejemplo frente al sur de México (Figuras 4 y 5), donde se capturan solamente pequeñas cantidades de barrilete. Además, tal como se comentó anteriormente, los pescadores a veces dejan pasar oportunidades para capturar barrilete para poder buscar aleta amarilla. La mayoría de los investigadores toman estos factores en cuenta al calcular índices de abundancia para el barrilete.

Se usaron las CPUE de barrilete, en captura por día de pesca (CPDP) de barcos de carnada de la Clase 3 (101 a 200 toneladas cortas de capacidad), como estimaciones de abundancia del barrilete durante el periodo de 1934-1954 (Boletín de la CIAT, 1 (7)). No se realizaron ajustes para ninguno de los factores mencionados en el párrafo anterior. En la Figura 67 se presentan estas estimaciones.

Otro estudio (Boletín de la CIAT, 13 (1)) se basó en datos de barcos cerqueros y de carnada en 1951-1965. Se examinaron los datos sobre las distribuciones de las capturas de cada año, y se excluyeron aquellos correspondientes a áreas con capturas menores de barrilete. Las áreas cuyos datos fueron excluidos variaron entre años porque las distribuciones de las áreas con las mayores capturas variaron entre años. Luego se calcularon las CPDP para barcos de carnada de la Clase 4 (201 a 300 toneladas de capacidad) en 1951-1965 y para cerqueros de la misma clase y capacidad en 1960-1965, y se usaron como índices de la abundancia del barrilete en esos años. En la Figura 67 se presentan también estas estimaciones.

En un tercer estudio (Boletín de la CIAT, 19 (6)) se usaron datos de barcos de cerco y de carnada para estimar índices de abundancia de barrilete para 1961-1984. Se designaron 22 áreas de  $5^{\circ} \times 5^{\circ}$  "áreas de barrilete," y se excluyeron de los análisis los datos sobre el esfuerzo de pesca en otras áreas. Asimismo fueron excluidos los datos correspondientes a lances sobre atunes asociados con delfines. Se ajustaron los datos para compensar por el efecto del aumento en la proporción de lances con captura de barrilete durante el período bajo consideración. A continuación se calcularon las capturas por día de pesca de cerqueros de las Clases 3 y 6 (más de 400 toneladas de capacidad) y de barcos de carnada ecuatorianos. En la Figura 67 se presentan también estas estimaciones.

Ultimamente, se usaron datos de CPUE de aleta amarilla y barrilete combinados correspondientes a 1959-1995 para calcular índices de abundancia de estas dos especies. Los datos de 1968-1995 son de captura por día de pesca (CPDP) de cerqueros de la Clase 6; aquellos de 1959-1967 son de captura por día estandarizado de pesca (CPDEP) de barcos de carnada de la Clase 4, multiplicado por 2,82 para compensar por el hecho de que los cerqueros de la Clase 6 son aproximadamente 2,82 veces más eficaces que los barcos de carnada de la Clase 4. Se calculó el factor de ajuste de 2,82 a partir de datos de CPDP de aleta amarilla y barrilete combinados correspondientes a cerqueros de la Clase 6 y barcos de carnada de la Clase 4 pescando en los mismos estratos de área-tiempo durante el período de 1965-1974, cuando había una cantidad suficiente de ambos tipos de barco en la pesquería. Ya que los datos de 1968-1995 son de CPDP de barcos de la Clase 6 y aquellos de 1959-1967 están ajustados al equivalente de la CPDP de los barcos de esa clase, de ahora en adelante serán denominados datos de CPDP. Las capturas totales de aleta amarilla y barrilete combinados realizadas en cada año por todas las artes de superficie al este de  $150^{\circ}\text{W}$  fueron divididas por la CPDP de ambas especies combinadas en viajes de pesca no reglamentados a fin de estimar el esfuerzo total en días de barco cerquero de la Clase 6. Estas estimaciones de esfuerzo total fueron divididas en la captura total de aleta amarilla y la captura total de barrilete para obtener la CPDP de cada especie por separado. No se hicieron ajustes para compensar el hecho de que no todo el esfuerzo de pesca en el OPO está dirigido hacia el barrilete. En la Figura 67 se presentan también estas estimaciones.

A juicio de los investigadores de la CIAT, ninguna de estas estimaciones es satisfactoria, y se justifica continuar los estudios.

### ***Modelos con estructura de edades***

En la subsección que trata de la evaluación del stock de aleta amarilla se analiza el enfoque de rendimiento por recluta al modelado con estructura de edades. Se calculan estimaciones de los rendimientos por recluta que se pueden obtener con varias combinaciones de talla de ingreso y mortalidad por pesca. En la mayoría de los casos los resultados indican que (1) los rendimientos por recluta serán mayores si no se explotan los peces pequeños y (2) si se capturan peces de talla inferior a la crítica, los rendimientos por recluta serán mayores con niveles de esfuerzo intermedios que con altos. Sin embargo, si la población no es cerrada, y peces entran al área de pesca,

permanecen brevemente, y se van, es posible que no haya motivo por evitar la captura de peces pequeños ni limitar el esfuerzo de pesca. Se ha llevado a cabo un análisis de rendimiento por recluta, basado en el supuesto de que el barrilete del OPO constituye una población cerrada. En la Figura 68 se presentan los rendimientos por recluta para el barrilete correspondientes a varias combinaciones de mortalidad natural, esfuerzo de pesca, y talla de ingreso. Para obtener los cálculos que forman la base de esta figura se integraron las estimaciones de los investigadores de la CIAT de la mortalidad por pesca específica para cada talla durante 1986-1987, y del crecimiento y la mortalidad natural. Las fuentes de los datos sobre crecimiento en peso son las siguientes:

Cálculo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en talla	24 cm/año	Boletín de la CIAT, 19 (6)
Relación peso-talla	$\log w = 3,336 \log l - 8,250$	Boletín de la CIAT, 4 (2)

Se usó un coeficiente anual de mortalidad natural de 1,5 (un 78%). Los valores en la escala horizontal son múltiplos del esfuerzo de pesca, es decir, 0,5, 1,0, y 2,0 representan valores de esfuerzo equivalentes a la mitad de, igual a, y el doble de los valores reales de esfuerzo de 1986-1987. Distintas combinaciones de esfuerzo de pesca y talla de ingreso arrojan rendimientos por recluta distintos, indicados por curvas. Por ejemplo, si se fija la talla de ingreso en 40 cm (unos 1,2 kg/2,7 libras), el rendimiento por recluta con un multiplicador de 1 es aproximadamente 0,72 kg (1,58 libras). Se produciría el rendimiento por recluta máximo con una talla de ingreso de unos 40 cm con un multiplicador de 1, y de unos 48 cm (aproximadamente 2,3 kg o 5,0 libras) con un multiplicador de 2 a 3. Con el nivel de esfuerzo de 1986-1987 un aumento de la talla de ingreso de 30 a 40 cm incrementaría el rendimiento por recluta de unas 1,57 libras a unas 1,58, un aumento de menos de 1%. Con la mortalidad por pesca por talla específica de 1986-1987, doblar o triplicar el esfuerzo de pesca resultaría en aumentos en el rendimiento por recluta a unas 1,59 o 1,60 libras, respectivamente, incrementos de menos de 2%. Se podría lograr el aumento máximo posible, un 3%, si se aumentara la talla de ingreso a unos 48 cm y se triplicara el esfuerzo de pesca. Esto se debe a que la pérdida en el peso total de una cohorte de peces por mortalidad natural excede su incremento por crecimiento, aún cuando los peces miden menos de 50 cm y están presuntamente creciendo con rapidez.

### ***Modelos de producción***

En la subsección que trata de la evaluación del stock de aleta amarilla se describen los modelos de producción, basados en índices de abundancia de los peces. Se examinan los datos de CPUE y esfuerzo para ver si los dos están relacionados; si no, es posible que el esfuerzo de pesca no esté afectando la abundancia de los peces. Han sido examinados datos de CPUE de barrilete y esfuerzo de pesca en el OPO, y no se descubrieron relaciones significativas. Se atribuye la falta de relación a la posibilidad de que la llegada y salida de los barriletes del Pacífico central y/o occidental ejerce una mayor influencia que la pesquería sobre su abundancia en el OPO. Sin embargo, existe también el problema de determinar cuál esfuerzo debería ser considerado esfuerzo sobre barrilete, ya que (tal como se comenta arriba) el barrilete no es el blanco principal de la pesquería.

### ***Relación reproductor-recluta***

En la subsección que trata de la evaluación del stock de aleta amarilla se describen los modelos reproductor-recluta. Debido a la falta de conocimientos de la estructura de los stocks de

barrilete, es imposible aplicar esos modelos a la especie en el Océano Pacífico de forma significativa. El barrilete es menos explotado que la mayoría de las demás especies comerciales de atunes, y se cree generalmente que el reclutamiento del barrilete no ha sido afectado por la reducción en la abundancia de los reproductores debido a la pesca.

Se señaló anteriormente que las descargas de barrilete fueron considerablemente mayores durante 1975-1982 y 1995 que en los demás años del período de 1961-1995, y es por lo tanto interesante analizar la información sobre la relación entre el esfuerzo de pesca dirigido hacia la especie y las descargas de la misma. Rara vez se capturan barriletes en lances sobre atunes asociados con delfines, y por lo tanto se consideraron solamente lances sobre objetos flotantes y cardúmenes no asociados. Se calcularon los promedios anuales siguientes a partir de los datos en la Tabla 4:

Años	Número de lances			Descargas de barrilete	Razón de lances a lances de 1983-1994	Razón de descargas a descargas de 1983-1994
	Objeto flotante	No asociado	Total			
1975-1982	6,291	13,213	19,504	126,676	1.84	1.71
1983-1994	2,827	7,787	10,614	74,288		
1995	3,539	11,960	15,499	138,155	1.46	1.86

(Se estimó el número total de lances sobre objetos flotantes y sobre peces no asociados para cada año multiplicando el número de lances registrados por la razón de descargas totales de barrilete por barcos cerqueros a las descargas registradas de barrilete por barcos cerqueros.) Estos resultados indican que las descargas son aproximadamente proporcionales al esfuerzo, lo cual no concuerda con los resultados en la Figura 68. Esta discrepancia entre la figura y la tabla arriba presentada se podría deber a que la población de barrilete en el OPO no sea cerrada. En ese caso, es posible que, cuando se saca barrilete de áreas donde son más vulnerables a la captura, peces de otras áreas se trasladen a estas áreas para reemplazarlos. Si el reemplazo ocurre rápidamente, las descargas podrían ser aproximadamente proporcionales al esfuerzo, tal como parece ocurrir en la tabla. Además, se puede ver en el panel inferior de la Figura 67 que las CPUE estuvieron a más o menos el mismo nivel en los períodos de 1975-1982 y 1983-1994.

Por otra parte, la discrepancia entre la Figura 68 y la tabla podría deberse, al menos parcialmente, a mayores desechos de barrilete durante el período de 1983-1994. Se sabe que la demanda comercial de la especie fue mayor durante 1975-1982 que durante 1983-1994, así que si se pudieran sustituir las descargas en la tabla con capturas las razones de la captura de 1975-1982 a la de 1983-1994 sería menos que 1,71—quizá alrededor de 1,5 o 1,6. Además, las CPUE en el panel inferior de la Figura 67 aumentarían más para el período de 1983-1994 que para el de 1975-1982. Datos tomados por los observadores durante 1993-1994 sobre los desechos de barrilete por barcos cerqueros de la clase 6 indican que las capturas fueron un 15 a 20% superiores a las descargas.

Finalmente, se puede ver en la Figura 67 que las CPUE de barrilete fueron considerablemente mayores durante 1959-1971 que durante 1972-1994. Tal como se comenta arriba cuando se usa ese método, se calcula la CPUE de barrilete en un año dado dividiendo la captura total de barrilete por el esfuerzo total en ese año. A fines de los años 50 y durante los 60 no habían

muchos barcos capaces de pescar en áreas de altura, y la flota concentró la mayoría de su esfuerzo en áreas costeras donde el barrilete es más abundante y/o más vulnerable a la captura. Esta es probablemente la razón principal por las CPUE mayores durante 1959-1971. Tal como se comentó anteriormente, se ha procurado establecer criterios para el esfuerzo sobre barrilete, pero los resultados no fueron completamente satisfactorios.

### ***Consideraciones para 1996***

Se puede afirmar con bastante certeza que el barrilete ha sido subexplotado en el OPO. Sin embargo, esta situación podría cambiar, y es por lo tanto importante adquirir mayores conocimientos sobre esta especie y su relación con el ambiente.

### **ATUN PATUDO**

Las capturas mundiales de patudo son inferiores a aquellas de barrilete y aleta amarilla, pero superiores a las de albacora y aleta azul del norte y del sur. La mayoría de la captura de esta especie es consumida fresca, mientras que el barrilete y aleta amarilla son generalmente enlatados. Ya que se pagan precios mucho más elevados por peces destinados al mercado de pescado fresco, el patudo forma un componente muy importante de las capturas mundiales de atunes. Entre 1965 y 1993, del 24 al 43% de la captura mundial de patudo provino del Océano Pacífico oriental (OPO) (Tabla 21).

Los patudos son capturados principalmente con palangres, que pescan a profundidades considerables bajo la superficie. A principios de los años 50 hubo poca pesca palangrera en el OPO, y por lo tanto las capturas de patudo en el área fueron bajas. A mediados de la década barcos palangreros japoneses comenzaron a pescar en el OPO, y las capturas de patudo aumentaron. Por consiguiente, a partir de principios de los años 60, los investigadores de la CIAT prestaron mayor atención a la especie. Entre 1963 y 1995 seis científicos japoneses del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) trabajaron en La Jolla en colaboración con científicos de la CIAT sobre la pesquería palangrera japonesa de patudo y especies afines en el OPO. A fines de 1993 pescadores faenando en el OPO descubrieron que patudos asociados con objetos flotantes, pero a bastante profundidad, pueden ser detectados con equipo de sonar y capturados con red de cerco. Muchos de estos objetos flotantes eran balsas para agregar peces lanzadas al agua por los pescadores. La mayoría de estas capturas de patudo provinieron de entre 5°N y 10°S. Por consiguiente, a partir de 1995, los investigadores de la CIAT intensificaron aún más sus estudios del patudo, principalmente con miras a estimar los efectos del aumento de las capturas por la pesquería de superficie sobre la pesquería palangrera y sobre el rendimiento sostenible.

### ***Pesquerías***

#### ***La pesquería de superficie***

Los patudos son capturados cerca de la superficie del agua por barcos cerqueros y de carnada, curricanes, y barcos de pesca deportiva. Las capturas de la especie por barcos cerqueros son mucho mayores que las de todos los demás tipos de barcos de pesca de superficie combinados. Las capturas cerqueras aumentaron a fines de los años 60 y en la década de los 70, disminuyeron a partir de 1981, y luego aumentaron dramáticamente en 1994 y 1995 (Tabla 21). En las Figuras 6, 7, y 8 se ilustran las distribuciones de las capturas de patudo registradas por barcos cerqueros

en el OPO durante 1979-1993, 1994, y 1995. Las capturas al sur de 10°S fueron menores durante 1994 que durante 1979-1993 ó 1995. En 1995, por primera vez, se lograron capturas sustanciales al oeste de 110°W.

El aumento en las capturas cerqueras de patudo a fines de los años 60 y en los años 70 se debió aparentemente a dos factores. En primer lugar, las capturas reales aumentaron probablemente porque entre 1966 y 1979 la pesca del aleta amarilla estuvo reglamentada, pero la del patudo no, situación que en algunos casos instó a los pescadores a buscar patudo más que aleta amarilla. Es probable que al mismo tiempo mejoró la pericia de los pescadores en la captura del patudo. En segundo lugar, las estadísticas colectadas a partir de mediados de los años 60 son más precisas. En la mayoría de los años se pagaba a los pescadores el mismo precio por el patudo y el aleta amarilla capturado en la pesquería de superficie, y a menudo el patudo fue registrado como aleta amarilla. Desde la entrada en vigor de la reglamentación de la pesca, empero, es más común registrar las dos especies por separado, y en lugares donde no se hace así ha mejorado la cobertura por empleados de la CIAT, que estiman las proporciones de las dos especies en descargas mixtas. Un estudio reciente (Informe Anual de la CIAT de 1991: 212-213) indica que los patudos no fueron identificados como aletas amarillas en el periodo de 1987-1989. Durante 1994 la mayoría de las enlatadoras comenzaron a pagar precios ligeramente más bajos para el patudo que para el aleta amarilla, reduciendo la probabilidad de que el patudo sea reportado como aleta amarilla.

Tal como se comenta arriba, el aumento en las capturas de patudo durante 1994 y 1995 se debió aparentemente al desarrollo de nuevas técnicas para capturar patudos asociados con objetos flotantes.

Durante 1971-1991 un 62% de las capturas cerqueras de patudo provino de cardúmenes no asociados, 33% de cardúmenes asociados con objetos flotantes, y 5% de cardúmenes asociados con ballenas, tiburones, o delfines (Boletín de la CIAT, 20 (8)). Hubo un superposición considerable de las tallas de los patudos capturados en las pesquerías de superficie y palangrera. La captura promedio de patudo por lance positivo fue 23 toneladas cortas (22, 28, y 17 toneladas para cardúmenes no asociados, asociados con objetos flotantes, y asociados con ballenas, tiburones, o delfines, respectivamente). (Se define un lance "positivo" sobre patudos como uno en el cual se capturó 0,5 o más toneladas de patudo, sin tener en cuenta la captura de otras especies en el mismo lance.) Durante 1995 la captura promedio de patudo por lance positivo fue 28 toneladas (24 toneladas para cardúmenes no asociados y 28 para cardúmenes asociados con objetos flotantes).

En el período de 1990-1993 menos de la mitad de los lances en los cuales se capturó patudo fueron realizados sobre objetos flotantes, y aproximadamente la mitad del patudo capturado provino de ese tipo de lance (Tabla 4). En 1994 y 1995, empero, del 90 al 95% de los lances sobre patudos fueron hechos sobre objetos flotantes, y el 90 a 95% del patudo capturado provino de ese tipo de lance.

Durante 1994 y 1995 el 69% de los lances en los cuales se capturó patudo incluyeron aleta amarilla, y el 81% barrilete. En los cardúmenes mixtos, los porcentajes, en peso, de las capturas de cada especie fueron los siguientes: 1994, patudo, 55; aleta amarilla, 9; barrilete, 36; 1995, patudo, 43; aleta amarilla, 11; barrilete, 46.

En la Figura 20 se presentan las distribuciones de talla de los patudos capturados en el OPO con artes de superficie durante cada año del período de 1990-1995. Aquellos capturados durante 1994 y 1995 solieron ser más pequeños que aquellos capturados en 1990-1993. En la Figura 69 se presentan datos sobre las frecuencias de talla de patudos capturados en cardúmenes no asociados y en cardúmenes asociados con objetos flotantes. Se seleccionaron las combinaciones de año-trimestre en los dos recuadros inferiores porque en esos estratos fueron medidas canti-



dades suficientes de pescados de ambos tipos de cardumen. Los pescados provenientes de los cardúmenes asociados con objetos flotantes suelen ser más pequeños que aquellos de los cardúmenes no asociados.

### ***La pesquería palangrera***

Estudios de la pesquería palangrera japonesa realizados conjuntamente por científicos japoneses y de la CIAT (Boletines de la CIAT, 9 (6), 11 (2), 11 (3), 13 (2), 16 (2), 19 (1), y 20 (5)) incluyen análisis de datos de las tendencias en el esfuerzo y las capturas, distribuciones horizontales, verticales, y temporales de las capturas, tendencias en la abundancia aparente, composición de tallas, y madurez del patudo.

En las Figuras 70 y 71 se ilustran las distribuciones del esfuerzo, en números de anzuelos, y las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE; número de peces capturados por 100 anzuelos) de patudo por palangreros japoneses en el OPO, promediados sobre el período de 1988-1992. Hubo apenas captura en el área al norte de 10°N y al este de 125°W en ningún trimestre. Se registraron las mayores CPUE (1) entre Ecuador y 120°W y 10°S y 5°N durante todo el año, (2) al noreste de Hawaii entre 20°N y 33°N y 122°W y 140°W durante el primer y cuarto trimestre, y (3) frente al sur del Perú y el norte de Chile entre 18°S y 25°S y 80°W y 90°W durante el tercer trimestre.

La distribución del esfuerzo no coincidió bien con las áreas de mayores CPUE de patudo, pese a que el patudo fue la especie más importante capturada por los palangreros japoneses. Por ejemplo, son aparentes grandes concentraciones de esfuerzo en aguas ecuatoriales (8°N a 15°S y al oeste de 100°W), pero las CPUE de patudo en este área no fueron particularmente elevadas. Además, aunque las CPUE de patudo fueron bastante altas al noreste de Hawaii y frente al sur del Perú y el norte de Chile, no se ejerció mucho esfuerzo en esas áreas. Esto podría ser debido a que en la región ecuatorial se podía capturar patudo durante todo el año y los peces solían ser grandes, mientras que en las latitudes más elevadas la ocurrencia de la especie era más estacional y los peces solían ser más pequeños.

En 1992 se completó un estudio utilizando modelos lineales generales par estandarizar las CPUE de patudo en el OPO (Boletín de la CIAT, 20 (4)). Se consideraron los efectos de año, estación, área, y profundidad de la pesca, y se descubrió que todos ejercían efectos significativos sobre las CPUE.

En la Figura 72 se presentan datos de frecuencia de talla correspondientes a patudos capturados con palangre en el OPO entre 40°N y 35°S durante 1987-1992. Las composiciones de talla y pesos promedio no variaron mucho en este período, pero los pesos promedio (Tabla 22) fueron más variables en los años anteriores a 1987.

### ***Estadísticas de captura***

Datos sobre la pesquería japonesa atunera con palangre, inclusive capturas por especie, posición (áreas de 5°), fecha (año y mes), y frecuencias de talla y/o peso de los pescados muestreados son proporcionados a la CIAT por el NRIFSF. Además, el Centro de Investigación del Atún del Instituto de Oceanografía de la Universidad Nacional de Taiwan, y la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de la Pesca de Corea proporcionan datos sobre las capturas de peces de cada especie por barcos palangreros de la República de China y la República de Corea en el OPO. Se obtienen datos sobre las pesquerías palangreras de naciones del hemisferio occidental de varias organizaciones gubernamentales y de fuentes industriales.

En las Tablas 22 a 24 se detallan las capturas, en números y pesos del pescado, y los pesos promedio de los mismos. La mayoría de las capturas palangreras de patudo en el OPO es real-

izada por barcos japoneses (Tabla 22). Las capturas con artes de superficie en 1994 y 1995 fueron mucho mayores que las de años anteriores (Tabla 23). La captura total de patudo por todas las artes (Tabla 24) fue en promedio 66 mil toneladas anuales en el período de 1971-1985 y 109 mil toneladas anuales en 1986-1995.

La talla promedio de pescados capturados por barcos palangreros japoneses disminuyó desde principios de la década de los 70 hasta principios de la década siguiente (Tabla 22). En 1983 la talla promedio fue mayor, y permaneció alta hasta 1992, con la excepción de 1985. Estos cambios en la talla promedio podrían estar vinculados al aumento en el uso de palangres que pescan a mayor profundidad, con 12 ó 13 anzuelos por canasta, que comenzó en esa época (Boletín de la CIAT, 20 (5): Figura 7). El peso promedio de los patudos capturados por la pesquería de superficie ha sido altamente variable (Tabla 23), pero el número de muestras tomado fue pequeño, excepto en 1994 y 1995.

### ***Evaluación del stock***

En general, hay tres enfoques al análisis de los efectos de la pesca sobre una población de peces, el modelado con estructura de edades, el modelado de reproductor-recluta, y el modelado de producción. Más adelante se comenta la aplicación de éstos al atún patudo en el OPO. Estos análisis deberían ser considerados preliminares, ya que se sabe poco sobre la tasa de intercambio de peces entre el OPO y el Pacífico central y occidental. Además, hay una insuficiencia de información sobre algunos parámetros importantes, tales como crecimiento y mortalidad natural por edad y sexo, la talla a la cual los peces alcanzan la madurez sexual, etcétera. Existen también problemas con la estratificación espaciotemporal de los datos de tallas y estandarización de los datos de esfuerzo y CPUE palangreros. Tal como se hará aparente, los resultados obtenidos con varios valores experimentales de mortalidad natural son bastante diferentes, y estimaciones más precisas de este parámetro serían de gran valor.

### ***Índices de abundancia***

El índice de abundancia de patudo en el OPO más sencillo es la captura palangrera, en número de patudos, dividida por el número de anzuelos calados, para el OPO entero o para las áreas en el OPO con las mayores capturas de patudo (Boletín de la CIAT, 20 (5)).

A mediados de la década de los 70, los palangreros japoneses comenzaron a usar artes con mayor distancia entre las boyas y más anzuelos por canasta, particularmente en aguas ecuatoriales, y el uso de palangres con esta configuración se amplió al norte y al sur en los años siguientes. Se les denomina palangres profundos. Los anzuelos a mayor distancia de las boyas de los palangres profundos pescan a mayor profundidad que cualquier anzuelo de los palangres convencionales. Los patudos pasan más tiempo en y por debajo de la termoclina que la mayoría de las otras especies (Fish. Ocean., 3 (3): 204-216), por lo que el cambio a palangres profundos debería haber aumentado la capacidad de los palangres de pescar patudo. (Cabe destacar, sin embargo, que el número de anzuelos calados por día permaneció aproximadamente igual, y que muchos de los anzuelos de los palangres profundos pescan a las mismas profundidades que los de los palangres convencionales.) Se usaron modelos lineales generales (MLG) (Boletín de la CIAT, 20 (4): Figura 3) para compensar las diferencias en las CPUE de patudo con palangre en varios estratos de área, estación, y profundidad. Más recientemente, se usó una modificación del método de MLG con datos de CPUE de patudo con palangre para producir estimaciones estandarizadas de la abundancia relativa de la especie en el OPO durante 1975-1994. Se usaron dos modelos, y en cada uno los efectos de año sirvieron como índices anuales de abundancia, estandarizados por los otros factores. El primer modelo usó el programa de computadora SAS GLM, con el logaritmo

natural de la CPUE (definido como 1 + el número de patudos capturados por mil anzuelos) como variable dependiente. El segundo modelo usó el programa SAS GENMOD, utilizando la distribución Poisson de captura de patudo con un ajuste del logaritmo natural del esfuerzo de pesca en número de anzuelos. Los análisis señalaron interacciones significativas entre años y áreas, y por lo tanto se efectuaron análisis separados para cada área. Se obtuvieron resultados similares con los dos modelos para cada área, con año, bimestre, profundidad máxima de pesca de los anzuelos, e interacciones entre bimestre y profundidad máxima de pesca significativos en cada caso. Se calcularon las CPUE para el OPO entero (Figura 73) a partir de promedios ponderados de las CPUE de las áreas individuales.

### ***Modelos con estructura de edades***

El modelado con estructura de edades puede ser llevado a cabo de muchas maneras. Los análisis de cohortes y de rendimiento por recluta (RPR) arrojan la mayor información, y por lo tanto se consideran solamente estos en detalle para el patudo en el presente informe.

Se han hecho varias suposiciones para facilitar los análisis. Incluyen los siguientes: (1) hay un solo stock (definido en el Boletín de la CIAT, Vol. 17, N° 5) de patudo en el OPO, y la tasa de intercambio de peces entre el OPO y otras partes del Océano Pacífico no cambió durante el período del estudio; (2) la tasa de mortalidad natural es constante una vez reclutados los peces a la pesquería, es igual para ambos sexos, y no varía de año a año; (3) las tasas de crecimiento son iguales para ambos sexos y varían de año a año solamente al grado permitido por las restricciones necesarias para ajustar las distribuciones de frecuencia de talla normales, tal como se describe más adelante.

Patudos marcados liberados en el Mar del Coral, cerca de Australia, han sido recapturados hasta en Hawaii, pero la mayoría de los peces recapturados habían recorrido distancias mucho menores. Ocurre probablemente lo mismo con el patudo en el OPO. En realidad, la proporción de machos a hembras suele ser significativamente más de 1 para peces mayores (Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 1: 57-98), lo cual implica que las hembras mayores crecen más lentamente que los machos mayores o que la tasa de mortalidad natural es más alta para las hembras mayores que para los machos mayores. Sin embargo, la cantidad de información disponible es insuficiente para permitir incorporar crecimiento o mortalidad diferencial en los cálculos.

Como primer paso en los análisis de cohorte, los pescados en las capturas necesitan ser asignados a cohortes. (Una cohorte consiste de todos los peces reclutados a la pesquería al mismo tiempo; más adelante se proporcionará mayor detalle sobre las cohortes de patudo que existen en el OPO). Luego se calculan estimaciones del número de peces de cada cohorte en el momento de reclutamiento y a varios intervalos posteriores y del número que se captura y que muere durante cada intervalo. La información necesaria para estos cálculos incluye los números de peces de cada cohorte en la captura durante cada intervalo de tiempo, una estimación de la tasa de mortalidad natural, y una estimación de la tasa de mortalidad por pesca para al menos un intervalo de tiempo por captura para cada cohorte. Estas tasas son denominadas tasas "de inicio" de mortalidad por pesca. Todas estas estimaciones provienen de análisis de estadísticas de captura y datos de frecuencia de talla, combinados con una ecuación o más de la relación o relaciones peso-talla.

Los datos básicos para los análisis de cohortes del atún patudo en el OPO son: (1) capturas de patudo, en número de peces, por barcos palangreros de Japón y las Repúblicas de China y de Corea, por área (Figura 74), año (1971-1992), y mes; (2) datos de frecuencia de talla de patudos capturados en el OPO por barcos palangreros japoneses, por área, año, y mes; (3) capturas de patudo, en toneladas, por barcos cerqueros y de carnada, por área (Figura 13), año (1971-1995), y mes; (4) datos de frecuencia de talla de patudos capturados en el OPO por barcos cerqueros y de

carnada, por área, año, y mes; (5) ecuaciones peso-talla para patudos capturados con palangre y red de cerco. Los datos correspondientes a las pesquerías cerqueras y de carnada fueron tomados por el personal de la CIAT. Los datos de captura de los barcos palangreros japoneses, chinos, y coreanos fueron combinados con datos de frecuencia de talla de los barcos palangreros japoneses para estimar las capturas (estratificadas por área (Figura 74) y tiempo) de la pesquería palangrera, por intervalos de 1 cm, en 1971-1992. Se estimaron los pesos promedio de los peces a partir de las distribuciones de frecuencia de talla y la ecuación peso-talla adecuada. Se calcularon estimaciones equivalentes de las frecuencias de talla de los peces capturados con palangres durante 1993-1995 promediando los datos correspondientes a 1990-1992. De la misma forma, se usaron los datos de captura y frecuencia de talla de las pesquerías cerquera y de carnada para estimar las capturas de superficie, estratificadas por área (Figura 13) y tiempo, por intervalos de 1 cm, en 1975-1995. Se calcularon estimaciones equivalentes de las capturas de superficie en 1971-1974 combinando los datos de captura de esos años y los datos de frecuencia de talla promedio de la pesquería de superficie en 1975-1993. A continuación se combinaron los datos de palangre y superficie para producir estimaciones mensuales de las capturas en todas las áreas combinadas, en número de peces y en toneladas, por intervalos de 1 cm. Estas distribuciones de frecuencia de talla indican que hay dos cohortes, la X, reclutada en julio alrededor de los 30 cm, y la Y, reclutada en enero y a la misma talla. Podría por lo tanto, si los peces viven 10 años, haber hasta 20 cohortes presentes en la captura de cada mes. En la Figura 75 se presentan las frecuencias de captura, por edad, de las cohortes X e Y combinadas.

A continuación se convirtieron las frecuencias de talla en frecuencias de edad, ajustando a cada distribución mensual de frecuencia de talla una distribución compuesta de 20 distribuciones normales. La estimación de los 20 promedios para cada mes fue restringida por la curva de crecimiento (estimada a partir de progresiones modales), y la estimación de las 20 desviaciones estándar para cada mes fue restringida por los rangos presentados por los grupos modales en la distribución de las tallas.

Se analizaron los datos mensuales de captura a edad correspondientes a cada cohorte presente en la pesquería durante 1971-1995 (las cohortes X62 a X95 y Y62 a Y95). Ya que se cree que la tasa de mortalidad natural anual ( $M$ ) está entre 0,4 y 0,8, se realizaron los análisis con valores de 0,4, 0,6, y 0,8 asignados a  $M$ . Se comenzó cada análisis adivinando la tasa instantánea de mortalidad por pesca anual ( $F$ ) para el último mes en el cual fueron capturados peces de cada cohorte. Estos valores de inicio de  $F$  fueron entonces ajustados hasta obtener estimaciones del número de peces en la población compatibles con las CPUE palangreras estandarizadas (Boletín de la CIAT, 20 (4)) (Figura 76). La selección final para cada cohorte permite estimar el número de patudos en esa cohorte al comienzo de cada mes y el  $F$  correspondiente a esa cohorte para cada mes. En la Tabla 25 se detalla el número promedio estimado de peces de cada grupo de edad de cada cohorte en la población en julio de cada año, y en la Tabla 26 los valores correspondientes de  $F$  para cuatro grupos de peces. (En la Tabla 25 la primera fila detalla las poblaciones estimadas de peces de edad 0 a 9 en 1971, o sea que los de edad 0 pertenecen a las cohortes X71 e Y71, los de edad 1 a las cohortes X70 e Y70, y así sucesivamente. En la Tabla 26 las columnas encabezadas por 1971-79, 1980-87, 1988-93, y 1994-95 detallan las estimaciones de  $F$  correspondientes a peces de edades de 0 a 9 en esos períodos.) Los pesos promedio a edad fueron estimados a partir de las estimaciones de las capturas en número y peso de peces; en la Tabla 27 se presentan las estimaciones a intervalos trimestrales. En la Figura 77 se presentan estimaciones de la biomasa de la población calculadas a partir de las estimaciones de las tallas (Tabla 25) y pesos promedio (Tabla 27) de la población.

Los resultados de estos análisis no tienen la precisión deseada ya que, aunque es generalmente posible distinguir peces de distintas cohortes cuando son jóvenes, se hace más y más difícil a medida que envejecen, y es por lo tanto probable que peces mayores sean asignados a cohortes incorrectas. Además, las estimaciones de  $M$  son esencialmente conjeturas. La capturabilidad de los peces varía de acuerdo a la edad, el área, la estación del año, las condiciones meteorológicas y oceanográficas, y otras circunstancias, varían las tasas de crecimiento y también el momento de reclutamiento. Todo esto introduce "interferencia," y posiblemente también sesgos, en los cálculos.

El análisis de cohortes también produce estimaciones del reclutamiento para cada cohorte correspondientes a cada valor de  $M$  y conjunto de valores de inicio de  $F$ ; en la Figura 78 se presentan aquellas correspondientes a los valores de inicio de  $F$  que produjeron los ajustes en la Figura 76. El RPR para cada cohorte (Tabla 28) fue calculado a partir de los valores de  $M$ , las estimaciones de  $F$  por edad específica para cada mes, las estimaciones del reclutamiento (Figura 78), y los pesos promedio estimados de los peces de cada edad (Tabla 27) de las cohortes con ciclo vital completo en la pesquería (es decir, las cohortes de 1971 a 1986).

#### ***Análisis reproductor-recluta***

Es necesario permitir que al menos algunos de los individuos de una población de peces desoven al menos una vez antes de ser capturados. Si el desove ocurre mucho antes de alcanzar los peces la talla a la cual empiezan a ser capturados, no existe probablemente ningún peligro, pero si no tiene lugar hasta después de ingresar los peces a la pesquería, y el esfuerzo de pesca es elevado, existe la posibilidad de que el número de reproductores disminuya tanto que se reduzca el reclutamiento en años subsiguientes. (No se debe suponer, sin embargo, que una reducción modesta en el número de reproductores reduciría el reclutamiento en años subsiguientes, ya que esto no parece ocurrir con ninguna de las especies de atunes tropicales en el rango de abundancia de reproductores observado.) En la Figura 79 se presentan datos, obtenidos de los análisis de cohortes, sobre la abundancia relativa de peces de 3 a 9 años de edad, que se suponen ser reproductores, y reclutas (peces de edad 0). Estos datos no indican que estas dos variables estén correlacionadas, lo cual es de esperar en vista de que la abundancia de los reproductores no varió mucho en el período en cuestión. No obstante, se debe seguir vigilando esta relación, particularmente si disminuye la abundancia de los reproductores.

#### ***Modelado de producción***

Los modelos de producción, a diferencia de los modelos con estructura de edades, utilizan datos de la población entera, y no de peces individuales. Los únicos datos necesarios son los de captura y CPUE estandarizada. La estandarización de los datos de CPUE es casi siempre un problema para las pesquerías multiespecíficas, ya que barcos que pescan en distintas configuraciones de estratos de área-tempo-arte de pesca pueden estar dirigiendo su esfuerzo hacia distintas especies, aunque quizá capturen individuos de varias especies. En la Figura 80 se presentan las CPUE detalladas en la Tabla 29 y los índices de abundancia computados con el modelo logarítmico (Figura 73), ambos ajustados a un promedio de 1,0. Los dos índices son casi iguales, pese a que, tal como se comentó anteriormente, la vulnerabilidad del patudo a la captura debería haber aumentado con el cambio de palangres convencionales a profundos. Antes se notó que a fines de 1993 los pescadores con red de cerco descubrieron cómo detectar patudos asociados con objetos flotantes, pero a bastante profundidad, con equipo de sonar, y capturarlos, por lo que el esfuerzo cerquero del período de 1971-1993 no equivale al de 1994-1995. Esto no causa ningún problema, sin embargo, ya que se usaron solamente datos de palangre en el análisis de producción aquí descrito.

Para el presente estudio se supuso que (1) existe un solo stock de patudo en el OPO y no hay intercambio de peces entre el OPO y otras partes del Océano Pacífico, (2) todo el esfuerzo palangrero en el OPO tiene la misma probabilidad de capturar patudo y la eficacia del arte palangrero no cambió durante el período de 1971-1994, y (3) las CPUE palangreras son indicativas de la abundancia relativa de patudos de todas edades capturados por las pesquerías de superficie y palangrera. (No se satisface este último supuesto, naturalmente.)

En la Tabla 29 se presentan datos sobre las capturas totales y las CPUE de barcos palangreros japoneses. Se dividieron las capturas totales por las CPUE para obtener estimaciones del esfuerzo total (Tabla 30). Ya que los índices en la Tabla 29 son poco diferentes a los que se obtienen con el modelo lineal generalizado, se combinaron las estimaciones de los datos japoneses de 1971-1992 en la Tabla 30 con aquellas calculadas con el modelo lineal generalizado para 1993 y 1994 (asimismo en la Tabla 30) y se usaron en los análisis a continuación.

Se ajustaron los datos a la ecuación del modelo de producción minimizando las sumas de cuadrados entre las capturas observadas y las predichas por el modelo ajustado (Boletín de la CIAT, 13 (3)). Se realizó el ajuste para tres valores diferentes, 2,0, 0,7, y 0,3, de  $m$ , el parámetro de forma. Con  $m = 2$  la ecuación de captura de equilibrio contra esfuerzo toma forma parabólica; si es inferior a 2 la curva es asimétrica a la derecha, señalando que la captura disminuye de forma menos dramática a medida que el esfuerzo aumenta más allá del nivel óptimo. Se presentan los resultados en la Tabla 31 y las Figuras 81-83. (Las curvas correspondientes a valores de 0,7 y 0,3 son casi iguales, y no se ilustra la de 0,3 en las Figuras 81 y 82. Los valores predichos correspondientes a los tres valores de  $m$  son esencialmente iguales, y en la Figura 83 se ilustra solamente el de  $m = 0,7$ .) En los tres casos el esfuerzo correspondiente al rendimiento máximo sostenible (RMS) es superior al esfuerzo máximo ejercido hasta 1994 (Tabla 30), y en dos de los tres casos supera a las capturas máximas hasta 1994 (Tabla 30).

Las estimaciones de los parámetros (Tabla 31) de los modelos de producción para estos datos no son muy confiables. Distintos criterios de estimación arrojaron resultados diferentes, pero todas las estimaciones indican que el nivel actual de esfuerzo no supera al óptimo. Existe una variación considerable entre la CPUE observada y los valores predichos por el modelo (Figura 83). La mayor parte de la variación en la CPUE resultó de cambios en el reclutamiento, y no de cambios en el tamaño de la población ocasionados por las capturas pesqueras. Cambios recientes en la pesquería de superficie, que captura peces más jóvenes que la pesquería palangrera, complicarán el uso de los modelos de producción en el futuro al cambiar la capturabilidad de la población.

### ***Interacción entre las pesquerías palangrera y de superficie***

Las estimaciones de las capturas de peces por edad obtenidas del análisis de cohortes (Figura 75) fueron divididas en estimaciones separadas para las pesquerías con palangre y de superficie (Figura 84). Las estimaciones de  $F$  total (Tabla 26) fueron divididas de la misma forma mediante el cálculo de las porciones de las capturas totales de cada edad realizadas por cada arte (Figura 85).

La interacción entre dos tipos de arte puede ser estimada simulando la historia de las capturas, usando estimaciones de reclutamiento, mortalidad natural, y distribución relativa de la mortalidad por pesca entre peces de distintas edades obtenidas del análisis de cohortes con varios multiplicadores de los vectores de  $F$  (directamente proporcionales a los vectores de esfuerzo de pesca para una o ambas artes. Se llevó esto a cabo para el patudo en el OPO (1) cambiando las estimaciones de  $F$  para la pesquería de superficie, pero dejando intactas las de la pesquería palangrera, y (2) cambiando los valores de  $F$  para ambas artes a la misma vez. Se usaron dos métodos para evaluar los resultados de cambios en el esfuerzo de pesca.

En primer lugar, se realizaron análisis de RPR tradicionales para cada uno de tres niveles de  $M$ , usando estimaciones de  $F$  divididas en pesca de superficie y palangrera. Se separan las capturas resultantes en los de palangre y los de superficie. Para cada valor de  $M$ , se seleccionaron dos vectores de  $F$ , correspondientes a la cantidad y distribuciones por edad del esfuerzo durante 1982 y 1994, para representar períodos de capturas de superficie altas y bajas. En la Figura 86 se ilustran los resultados.

En segundo lugar, se realizaron estudios de simulación para pronosticar las capturas de 1994-2005 con las siguientes pautas de esfuerzo, todas basadas en los vectores promedio de  $F$  para palangres y artes de superficie en 1994-1995:

Pauta	Multiplicador del esfuerzo de pesca de superficie, 1994-1995	Multiplicador del esfuerzo de pesca con palangre, 1994-1995
A	0,1	1,0
B	1,0	1,0
C	2,0	1,0
D	2,0	2,0

Se presentan los resultados en la Tabla 32, y en las Figuras 87 (para ambos tipos de arte combinados) y 88 (con estimaciones separadas para los dos tipos de arte). En la Figura 89 se detallan las biomazas estimadas de todos los peces y de peces de edad 3 a 9 sin pesca y con las Pautas A, B, C, y D. Con las Pautas B, C, o D, la abundancia de los peces sería reducida considerablemente si  $M = 0,4$ , moderadamente si  $M = 0,6$ , y sólo ligeramente si  $M = 0,8$ .

### Discusión

La incertidumbre acerca de la tasa de mortalidad natural dificulta la interpretación de los análisis de cohortes. Distintos valores de  $M$  producen estimaciones muy diferentes del RPR, la cantidad de interacción entre las pesquerías de superficie y palangre, la reducción en la biomasa con distintas pautas de pesca, y el nivel de esfuerzo necesario para lograr el RMS. La biomasa del stock ha sido relativamente estable, aunque declinó a partir de mediados de los años 80 (Figura 77). Similarmente, el reclutamiento anual parece haber sido relativamente constante durante el período de 1971-1995, fluctuando entre mínimas en 1981 y máximas en 1983 (Figura 78). Los RPR de las cohortes de 1971 a 1985 (Tabla 28) no fluctuaron mucho, cosa que no sorprende en vista de que pocos de los peces capturados eran del rango de tallas capturado en grandes cantidades por la pesquería de superficie durante 1994-1995.

En la Figura 90 se presentan (1) el esfuerzo total con palangre, medido en número de anzuelos calados por barcos palangreros, y (2) seis estimaciones de mortalidad por pesca, para ambas artes combinadas, correspondientes a peces de edad de 3 a 7 (las edades con mayor probabilidad de ser capturadas por la pesquería palangrera) para las dos cohortes y tres niveles de  $M$ . El esfuerzo de pesca ha aumentado a través de los años, especialmente durante 1971-1978, 1985-1987, y 1989-1991, y es aparente que las estimaciones de  $F$  está correlacionadas con el nivel de esfuerzo de pesca en el mismo año. Sin embargo, el aumento en las estimaciones de  $F$  ocurrido entre 1982 y 1983 no está reflejado, por razones desconocidas, por un aumento correspondiente en el esfuerzo de pesca.

Los análisis de RPR indican que el esfuerzo al nivel de 1982 (multiplicador de 1 en la Figura 86) fue inferior al óptimo para todos los valores de  $M$ . Los RPR son mucho mayores para  $M = 0,4$  que para  $M = 0,8$ , sin embargo. Análisis de RPR con esfuerzo al nivel de 1994 arrojan resultados substancialmente diferentes, especialmente para la pesquería de superficie. Con  $M =$

0,4 el esfuerzo fue superior al óptimo, con  $M = 0,6$  fue ligeramente inferior, y con  $M = 0,8$  fue substancialmente inferior. En la Figura 87 se grafican estimaciones de las capturas de patudo, por arte, durante el período de 1996-2005, con las cuatro pautas de esfuerzo de pesca arriba descritas. La pesquería de superficie ejerce poco efecto sobre la pesquería palangrera con la Pauta A, correspondiente a la pesca cerquera antes de 1994, con cualquier nivel de  $M$  (Figura 88). Con las Pautas B, C, y D, empero, correspondientes a la pesca cerquera de 1994-1995 o un aumento de las capturas cerqueras, hay un efecto considerable sobre la pesquería palangrera, especialmente a los niveles más altos de esfuerzo y a valores más bajos de  $M$ .

Evidentemente, si  $M$  es bajo (alrededor de 0,4) y el esfuerzo de la pesquería de superficie permanece al nivel de 1994-1995 se reducirá la captura total, y si el esfuerzo de la pesquería de superficie aumenta más la captura total será reducida aún más. Sin embargo, si  $M$  es mayor (alrededor de 0,6 a 0,8), y el esfuerzo de la pesquería de superficie permanece al nivel de 1994-1995, o aumenta, la captura total probablemente aumentará, aunque la captura de la pesquería palangrera sería más baja que si la pesquería de superficie estuviese al nivel de 1982.

En la Figura 89 se detallan los efectos de distintas pautas de pesca sobre la biomasa de todos los peces y de peces de edad de 3 a 9. Las Pautas B, C, y D reducirían aparentemente la biomasa reproductora, especialmente si  $M = 0,4$ , pero se ignora si alguna de las reducciones estimadas en la biomasa afectaría el reclutamiento del patudo.

El modelado de producción, que no exige supuestos sobre la mortalidad natural, indica que el nivel actual de esfuerzo es inferior al óptimo (Figura 81). Los resultados presentados en la Figura 86 indican que las capturas cerqueras de 1994, con  $M = 0,4$  y un multiplicador de esfuerzo de 1, reducirían las capturas palangrera y total. Si no ocurre esto en los próximos dos ó tres años, indicará probablemente que  $M$  es más que 0,4.

## ATUN ALETA AZUL DEL NORTE

El atún aleta azul del norte ocurre en el Océano Atlántico y en el Pacífico. Las capturas mundiales y del Pacífico son mucho menores que las de barrilete, aleta amarilla, patudo, y albacora; sin embargo, la pesquería es de valor económico considerable. En la Tabla 33 se detallan las capturas anuales de la especie en el Océano Pacífico durante el período de 1952-1995. Las artes de superficie son responsables de la mayoría de las capturas tanto en el Océano Pacífico oriental (OPO) como en el occidental. Las capturas en el OPO fueron inferiores al promedio durante 1980-1984, medias en 1985 y 1986, e inferiores al promedio durante 1987-1995; las del Pacífico occidental fueron bien superiores al promedio durante 1978-1983, y medias durante 1984-1992, excepto en 1988 y 1990, cuando fueron bien inferiores al promedio.

En el OPO casi toda la captura de aleta azul es lograda por barcos cerqueros que pescan relativamente cerca de la costa de Alta y Baja California. La temporada de pesca se extiende típicamente desde mayo hasta octubre, aunque se efectúan capturas esporádicas también en otros meses. La captura comercial en 1995, unas 654 toneladas, fue con una excepción la más baja desde 1952. En 1995 se registraron capturas de aletas azules entre 29°N y 33°N durante julio y agosto.

El personal de la CIAT viene estudiando el atún aleta azul a modesta escala desde 1958, cuando se marcaron y liberaron 122 ejemplares capturados con red de cerco cerca de la Isla Guadalupe (México). Antes de 1979 el trabajo consistió principalmente en recopilar datos de bitácora y medir muestras de peces capturados por embarcaciones cerqueras en el OPO para estimar la composición de tallas, pero a partir de ese año se intensificaron los estudios. En 1979 se preparó un análisis de los datos referentes a la evaluación de los stocks de la especie (Informe



Interno 12 de la CIAT). Asimismo, en 1982 se recopilaron, analizaron, y publicaron en el Boletín de la CIAT, Vol. 18, N° 2, datos sobre la captura de superficie de aleta azul en el OPO por área, fecha, clase de arqueado del barco, tamaño del cardumen, tipo del mismo, etcétera. Además, aletas azules capturados con red de cerco fueron marcados en el OPO en 1979 y 1980, y otros capturados con cabo y anzuelo y en trampas fueron marcados en el Pacífico occidental por empleados de la CIAT radicados intermitentemente en el Japón durante 1980-1982. También se realizaron investigaciones de la determinación de la edad y crecimiento del aleta azul a partir de las partes duras (Boletín de la CIAT, 21 (2)).

Atunes aleta azul capturados por la pesquería comercial del OPO fueron medidos en cada año del período de 1952-1971 por empleados del California Department of Fish and Game. Desde entonces el muestreo ha sido realizado por el personal de la CIAT. El análisis de estos datos ha producido estimaciones de las capturas de aleta azul, en número de peces de las distintas clases de edad, para el período de 1952-1991 (Boletín de la CIAT, 20 (9)). En la Tabla 34 se detallan las mismas, junto con estimaciones comparables correspondientes al Pacífico occidental preparados por un científico del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) del Japón. En la Figura 21 se presentan histogramas de la frecuencia de tallas del aleta azul capturado en el OPO en 1990-1995. Durante 1993, debido a la disponibilidad limitada de aleta azul capturado por barcos comerciales, fueron medidos por primera vez aletas azules capturados en la pesca deportiva. La mayoría de las muestras de aleta azul obtenidas durante 1993, 1994, y 1995 provino de peces capturados por pescadores deportivos. Casi todos los peces fueron capturados cerca de donde pescaban barcos cerqueros y durante los mismos períodos.

En el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1, se analizan los resultados de los experimentos de marcado arriba descritos, más experimentos realizados en el OPO durante 1962-1968 por el Bureau of Commercial Fisheries (ahora el National Marine Fisheries Service) de los Estados Unidos, el California Department of Fish and Game, y el Mission Bay Research Foundation, y en el Pacífico occidental por científicos del Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL; ahora el NRIFSF) del Japón entre 1980 y 1988.

Análisis de los datos de los aletas azules liberados y recapturados en el OPO indican desplazamientos estacionales de norte a sur, alcanzando su punto más sureño en mayo y junio y más norteño durante julio-octubre. Se han obtenido diez devoluciones de peces liberados en el OPO y recapturados en el Pacífico occidental, todos de los cuales permanecieron más de 22 meses en libertad.

Los peces marcados y liberados en el Pacífico occidental, al igual que aquellos en el OPO, solían desplazarse hacia el norte en la primavera y verano y hacia el sur en el otoño e invierno. Las migraciones del Pacífico occidental al oriental son de interés especial. Algunas clases anuales, por ejemplo aquellas de 1983 y 1984, produjeron grandes cantidades de migrantes, y otras no. Las mejores capturas de la década de los 80 en el OPO fueron logradas en 1985 y 1986 (Tabla 33), y consistieron principalmente de peces de edad 2 de las clases anuales de 1983 y 1984. (En la presente sección se refiere a los peces en su primer año de vida como de 0 años de edad o de edad 0, aquellos en su segundo año de vida como de 1 año de edad o de edad 1, y así sucesivamente.)

Durante 1993 investigadores del Japan Sea Farming Association (JASFA) y la CIAT realizaron experimentos conjuntos en la Estación de Yaeyama del JASFA en la Isla Ishigaki (Japón) para estudiar el ciclo vital temprano del atún aleta azul. El objetivo de estos experimentos de laboratorio fue determinar las condiciones óptimas (por ejemplo, temperatura, luz, y tipo y concentración de alimento) para el cultivo de larvas de esta especie. Estos son los primeros estudios experimentales de atunes aleta azul larvales jamás realizados.

En los últimos años han tenido lugar cuatro talleres sobre la evaluación del atún aleta azul. El primero, celebrado en octubre de 1985 en Shimizu (Japón), y que incluyó científicos del NRIFSF y la CIAT, se dedicó exclusivamente al aleta azul del norte en el Océano Pacífico. El segundo, celebrado en mayo de 1990 en La Jolla, California (EE.UU.), y patrocinado conjuntamente por la CIAT y el Australian Fisheries Service, contó con la participación de científicos de varias partes del mundo, y versó sobre los stocks de aletas azules de los Océanos Pacífico, Indico, y Atlántico, y el Mar Mediterráneo. Las actas del taller fueron publicadas como el Informe Especial N° 7 de la CIAT. En el tercero, celebrado en La Jolla en abril de 1993, participaron científicos de la CIAT y del NRIFSF solamente, y se dedicó exclusivamente al aleta azul del norte del Océano Pacífico. En el taller se preparó una lista de 14 proyectos para proseguir durante el año siguiente. El cuarto taller, celebrado en febrero de 1995 en Shimizu, trató asimismo solamente del aleta azul del norte del Océano Pacífico; asistieron representantes del NRIFSF, la CIAT, el Centro de Investigación Atunera de la Universidad Nacional de Taiwan, y el Tohoku National Fisheries Research Institute del Japón, más observadores de varias otras organizaciones.

### ***El ciclo vital y la relación entre peces del Pacífico occidental y oriental***

La información presentada en esta sección es fundamental a la comprensión de la sección siguiente sobre la evaluación del stock.

En el Océano Pacífico se han encontrado larvas de aleta azul únicamente en las inmediaciones del Japón, y se supone que el desove ocurre solamente en ese área. Ocurre durante la primavera y el verano, pero por mayor sencillez se supone en esta subsección que los peces son criados el 1 de enero. Aparentemente, algunos peces permanecen toda su vida en el Pacífico occidental. Otros migran al OPO; estas migraciones comienzan principalmente o quizás exclusivamente durante el primer y segundo año de vida. Los migrantes de primer año se encuentran expuestos a la pesca de arrastre (sedal con anzuelo y cebo) veraniega y otoñal dirigida hacia atunes aleta azul pequeños y otras especies frente al Japón antes de empezar su viaje al OPO en el otoño o invierno. Los migrantes de segundo año se encuentran además expuestos a la pesca de arrastre invernal y demás formas de pesca que se practican en las inmediaciones del Japón, antes de comenzar su viaje al OPO en la primavera, el verano, o el otoño. Tras atravesar el océano, los peces migrantes son pescados por barcos cerqueros frente a Alta y Baja California. Eventualmente, los supervivientes regresan al Pacífico occidental.

Las capturas de aletas azules en el OPO consisten principalmente de peces de 1 y 2 años de edad. Las capturas de peces de 2 años de edad en el OPO superan las del Pacífico occidental en la mayoría de los años, mientras que para peces de 3 años de edad ocurre lo contrario (Tabla 34). Esto indica probablemente que la población de peces de 2 años de edad es mayor en el OPO y aquella de peces de 3 años de edad es mayor en el Pacífico occidental, aunque es posible que diferencias relacionadas con la talla y/o edad en el esfuerzo pesquero y/o vulnerabilidad a la captura sean responsables de las diferencias en las capturas. Estudios de datos estadísticos, frecuencia de talla, y del marcado han dado lugar a los siguientes postulados para la migración de peces entre el OPO y el Pacífico occidental (WPO):

1. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad en junio o julio del año  $i$  y emprenden su viaje de regreso al WPO a los 2 años de edad hacia fines del año  $i + 1$  o a los 3 años de edad a principios del año  $i + 2$ ;
2. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad en junio o julio del año  $i$  y emprenden su viaje de regreso al WPO a 1 año de edad hacia fines del año  $i$  o a los 2 años de edad a principios del año  $i + 1$ ;

3. Los peces llegan al OPO a los 2 años de edad a principios del año  $i + 1$  y emprenden su viaje de regreso al WPO a los 2 años de edad hacia fines del año  $i + 1$  o a los 3 años de edad a principios del año  $i + 2$ ;

4. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad a principios del año  $i$  y emprenden su viaje de regreso como peces mayores;

5. Los peces llegan al OPO a los 2 años de edad a principios del año  $i + 1$  y emprenden su viaje de regreso como peces mayores;

6. Los peces llegan en el OPO a edades mayores de 2 años y subsecuentemente regresan al WPO;

7. Los peces no migran al OPO en absoluto.

El Postulado 7 vale probablemente para la mayoría de los peces de algunas clases anuales. Esto podría explicar, al menos parcialmente, las capturas reducidas de aletas azules en el OPO durante los años 80 y principios de los 90. Una octava posibilidad sería una combinación de los Postulados 1, 2, 3, 4, ó 5 con el 7, es decir, los peces migran más de una vez del Pacífico occidental al OPO.

Estas hipótesis no consideran la posibilidad de que algunos peces empiecen migraciones transpacíficas pero que se vuelvan antes de llegar a su destino. El hecho de que los atunes aleta azul casi desaparezcan del OPO en el invierno y la primavera temprana podría indicar que estos peces ocupan áreas fuera del alcance de la pesquería de superficie durante este período. Serían necesarios bastantes más datos del Océano Pacífico central para poder establecer si ocurre esto y, de ser así, en cuál grado.

Datos de la pesquería atunera palangrera japonesa de altura fueron puestos a disposición de los investigadores de la CIAT por el NRIFSE. Los datos incluyen resúmenes de las capturas, por especie, en número de peces, por año (1952-1986), mes, y área de 5° y resúmenes del esfuerzo, en número de anzuelos, por año, mes, y área de 5°.

Un examen de las distribuciones mensuales de las capturas descubrió que los peces se encuentran distribuidos al punto más occidental durante la primavera y al más oriental durante el otoño (Figura 91). No es sorprendente que los peces estén concentrados en la vecindad del Japón durante la primavera, ya que los aletas azules desovan principalmente en la primavera, y larvas de aleta azul han sido encontrados solamente en el océano abierto en la vecindad del Japón durante la primavera y en el Mar del Japón durante el verano. Excepcionalmente, aletas azules grandes fueron capturados por barcos cerqueros en el OPO durante noviembre y diciembre de 1988 (Calif. Fish Game, 76 (3): 181-186). Es posible que estos peces hayan aparecido en la pesquería del OPO porque se encontraban distribuidos más al este durante el otoño de 1988 que de costumbre.

### ***Evaluación del stock***

#### ***Abundancia de aletas azules juveniles en el OPO***

El Informe Interno N° 23 de la CIAT de 1992 incluye una discusión de varios índices de abundancia del atún aleta azul en el OPO. Los más confiables son probablemente el "índice del hábitat" y el "índice de barcos que pescan aleta azul."

#### ***Índice del hábitat***

Los atunes aleta azul son capturados por barcos cerqueros en el OPO con mayor frecuencia en aguas con temperaturas superficiales de entre 17° y 23°C (FAO Fish. Rep., 6 (2): 380-421), y por lo tanto se supuso que el esfuerzo de pesca ejercido por cerqueros atuneros frente a California

y Baja California en aguas con ese rango de temperaturas entre mayo y octubre es esfuerzo dirigido hacia aleta azul, sin tener en cuenta si se capturó la especie. Para obtener las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) anuales se dividieron las sumas anuales de las capturas registradas de aleta azul en el OPO por las sumas correspondientes del esfuerzo cerquero registrado en las áreas de 1° que eran hábitats adecuados para el aleta azul. Se presentan estos datos en la Figura 92. Parecen indicar que tanto la disponibilidad reducida como el esfuerzo pesquero disminuido han contribuido a las capturas reducidas de aleta azul en el OPO durante los años 80 y principios de los 90.

### ***Indice de barcos que pescan aleta azul***

Para este método, se supone que el esfuerzo de pesca dirigido hacia el aleta azul es proporcional al número de barcos que dirigen porciones sustanciales de su esfuerzo hacia la pesca de esa especie. Por lo tanto, cada año se clasifica a cada barco de la flota cerquera como uno "que pesca aleta azul" o "que no pesca aleta azul." Si un barco capturó aleta azul en un año dado y en dos ó más de los cuatro años más cercanos adyacentes (dos años antes y dos después del año en cuestión), fue clasificado como barco que pescó aleta azul para ese año; de lo contrario fue clasificado como uno que no pescó aleta azul. Se relajaron los criterios para los barcos que ingresaron a la pesquería atunera del OPO menos de dos años antes del año en cuestión o que la abandonaron menos de dos años después del mismo. Por ejemplo, si un barco ingresó a la pesquería atunera del OPO en 1971, fue clasificado como barco que pesca aleta azul para ese año si capturó la especie en 1971 y en 1972 ó 1973. Este sistema de clasificación es arbitrario, y quizá sea mejor algún otro. Sin embargo, parece servir para comprender mejor el valor del tamaño de la flota como medida del esfuerzo dirigido hacia el aleta azul y la captura total dividida por el tamaño de la flota como índice de la abundancia del aleta azul. El índice de barcos que pescaron aleta azul para un año dado es la captura comercial total en ese año dividida por el número de esos barcos en la flota durante el año. En la Figura 93 se ilustran las capturas comerciales totales, números de barcos que pescaron aleta azul, y los índices de los mismos correspondientes a 1961-1992. Parecen también indicar que reducciones en la disponibilidad y en el esfuerzo de pesca han contribuido a la reducción en la captura de aleta azul en el OPO durante la década de los 80 y principios de los 90.

### ***Análisis de cohortes***

En la subsección de este informe que trata de la evaluación del stock de aleta amarilla se comentan los análisis de cohortes. Se llevaron a cabo los análisis de cohortes de aleta azul con datos correspondientes al periodo de 1966-1986. Se obtuvieron los datos sobre las capturas trimestrales en el Pacífico oriental del Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 9: Anexo 1, y los datos de capturas anuales de peces de los varios grupos de edad en el Pacífico occidental de la Publicación Técnica Pesquera 336 de la FAO, Vol. 2: página 284. Se estimaron las capturas trimestrales para el primer, segundo, tercer, y cuarto trimestre multiplicando las capturas anuales por 0,10, 0,30, 0,50, y 0,10, respectivamente. En la Tabla 35 se presentan datos sobre el peso promedio del pescado. A raíz de la falta de información sobre mortalidad natural, se usaron seis vectores experimentales de mortalidad natural,  $M$  (Tabla 36). Se llevaron a cabo los análisis para 37 cohortes (1950 hasta 1986). Se efectuaron las estimaciones usando retrocálculos, y fue por lo tanto necesario estimar la tasa final de mortalidad por pesca ( $F$ ) para cada una de las cohortes. Los valores finales de  $F$  fueron seleccionados mediante un procedimiento doble que estima primero el reclutamiento mínimo mediante la selección de un valor final de  $F$  elevado y la comparación de los valores intratrimestrales de  $F$  correspondientes a distintas cohortes de la misma edad. El objetivo

de este tipo de búsqueda es reducir las diferencias entre los valores de  $F$  de peces de edad similar pescados al mismo tiempo. Este procedimiento carece de un algoritmo que permitiría a distintos usuarios llegar a conclusiones idénticas, y es por lo tanto algo subjetivo. El método funciona bien para cohortes con un largo historial de captura, por ejemplo aquellas de 1959 a 1981, pero no tan bien para las demás.

Los análisis de cohortes arrojaron estimaciones del reclutamiento durante cada año del período de 1966-1986 y valores de  $F$  para cada grupo de edad durante cada trimestre de ese período. Se combinaron estas estimaciones con estimaciones de  $M$  (Tabla 36) para estimar las capturas del período de 1966-1986 que se pueden obtener con distintas combinaciones de  $M$ , multiplicadores de  $F$ , y edad de ingreso a la pesquería (Figura 94). (Un multiplicador de 1 para  $F$  corresponde a la mejor estimación de  $F$  promediado que existió durante ese período.) Con un multiplicador de 1, la captura hubiera sido mayor en cada caso si se aumentara la edad de ingreso de edad 0 a edad 1, edad 2, o edad 3. El aumento sería mayor para los vectores de mortalidad natural 1, 2, ó 3 que para los 4, 5, ó 6. Si el vector de mortalidad natural es 1, 2, ó 3 y la edad de ingreso permanece en 0 o se aumenta a 1, se lograrían capturas mayores si se redujera el esfuerzo a la mitad de su nivel actual. Con los vectores de mortalidad natural 4, 5, ó 6, empero, una reducción tal del esfuerzo resultaría en poco o ningún aumento en la captura (edad de ingreso = 0) o una reducción de la misma (edad de ingreso = 1).

#### ***Relaciones reproductor-recluta y recluta-reproductor***

En las páginas 226 a 228 del Informe Anual de la CIAT de 1993 se comentan las relaciones reproductor-recluta y recluta-reproductor del atún aleta azul. Se determinó que la pesca ha reducido mucho la abundancia de aletas azules maduros en el Océano Pacífico, pero no existe evidencia de que esto haya llevado a una reducción del reclutamiento de peces jóvenes a la pesquería.

#### ***Causas posibles de las escasas capturas recientes de aleta azul en el OPO***

Las escasas capturas de atunes aleta azul en el Pacífico oriental y occidental en algunos años preocupa a los investigadores de la CIAT, y se está prestando especial atención a las escasas capturas en el OPO durante 1980-1984 y 1987-1995. Las capturas de aleta azul inferiores al promedio en el OPO en años recientes podrían ser debidas a (1) una disminución en el reclutamiento; (2) una disminución en la abundancia total de peces de más de unos 60 cm de talla, causada por la fuerte explotación de peces en su primer año de vida en el Pacífico occidental; (3) una reducción del esfuerzo pesquero en el OPO; (4) una disminución en la vulnerabilidad a la captura de aquellos peces que migraron al OPO; y/o (5) una reducción en la disponibilidad del aleta azul en el OPO (es decir, una reducción en la proporción de la población que migró al OPO o una estadía más corta en dicha zona de aquellos peces que sí migraron).

Con respecto a la dos primeras posibilidades, datos compilados por el NRIFS sobre la composición por edad de la captura de aletas azules por barcos japoneses durante 1966-1986 (Tabla 34) indican que no ha ocurrido una reducción en las capturas de peces de edad 0, lo cual parece eliminar la primera posibilidad, ni tampoco un aumento en la proporción de peces de edad 0 a la de peces mayores, lo cual parece eliminar la segunda.

En cuanto a la tercera posibilidad, a partir de fines de los años 70 se ha ido reduciendo el número de barcos cerqueros menores, que anteriormente habían sido responsables de la mayoría de las capturas de aletas azules en el OPO. En la subsección previa titulada ***Abundancia de aletas azules juveniles en el OPO*** se concluyó que la reducción en el esfuerzo es parcialmente, pero no completamente, responsable de la reducción en las capturas en el OPO.

En cuanto a la cuarta posibilidad, es posible que haya cambiado la distribución del aleta azul en el OPO en este siglo. Antes de 1930 era capturado solamente frente a Alta California, aunque probablemente ocurría frente a Baja California también. Entre 1930 y 1947 fue capturado frente a Alta y Baja California, pero en la mayoría de esos años las capturas frente a Alta California fueron mayores. Desde 1948 se ha logrado la mayoría de la captura frente a Baja California. Sin embargo, es posible que este cambio en la distribución de las capturas se deba a que los pescadores radicados en Alta California hayan estado más dispuestos a pescar a mayor distancia de su puerto base a medida que conseguían barcos más grandes y más navegables, y no a un cambio en la distribución de los peces. Estos pescadores parecen dirigir una mayor proporción de su esfuerzo de pesca hacia el aleta azul que aquellos radicados en México, de modo que si ocurrió un cambio en la distribución, podría haber reducido la vulnerabilidad de la especie a la captura. Sin embargo, si ocurrió un cambio en la distribución de los peces, tuvo lugar probablemente mucho antes de la década de los 80, por lo cual no parece que pudiera ser la causa de las capturas pobres en esa década.

En cuanto a la quinta posibilidad, los datos de marcado y de composición por edad proporcionan información útil. En el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1, se demostró que durante la década de los 80 solamente la clase anual de 1981 contribuyó cantidades significativas de devoluciones de marcas a la pesquería del OPO durante el Año 1. También se demostró que en el caso del Año 2, casi la mitad de las devoluciones de la clase anual de 1979 y más que la mitad de aquellas de las clases anuales de 1983 y 1984 provinieron de peces capturados en el OPO. Esta información sugiere que la proporción de peces de 1 año de edad que migraron al OPO fue mayor para la clase anual de 1981 y que las proporciones de peces de 2 años de edad que migraron al OPO fueron mayores para las clases anuales de 1983 y 1984, intermedias para la clase anual de 1979, y menores para las clases anuales de 1980, 1981, 1982, y 1985.

Una gran proporción de la captura de aleta azul en el OPO en 1982 consistió de peces de 1 año de edad (Tabla 34). Esto es consistente con la evidencia del marcado de que una gran proporción de los peces de la clase anual de 1981 apareció en el OPO como peces de 1 año de edad en 1982. Sin embargo, la captura de aleta azul en el OPO en 1983 fue pobre, posiblemente debido a que los peces de la clase anual de 1981 padecieron mucha mortalidad en el OPO en 1982, o a que la mayoría de ellos empezó su viaje de regreso al Pacífico occidental antes del comienzo de la temporada de 1983.

Las mayores capturas de aleta azul en el OPO en años recientes fueron aquellas de 1985 y 1986 (Tabla 33), y consistieron principalmente de peces de 2 años de edad, es decir, peces de la clase anual de 1983 en 1985 y de la clase anual de 1984 en 1986 (Tabla 34). Esto es consistente con la evidencia del marcado de que grandes proporciones de los peces de las clases anuales de 1983 y 1984 aparecieron en el OPO como peces de 2 años de edad en 1985 y 1986.

Si fuera cierto que los peces marcados en el Pacífico occidental fueron seleccionados al azar, entonces se concluiría que proporciones mayores de peces de edad 2 de las clases anuales de 1983 y 1984 migraron al OPO, y que ésto resultó en capturas mayores de aleta azul en el OPO en 1985 y 1986. Sin embargo, es posible que existan subpoblaciones separadas migratorias y no migratorias, y que proporciones mayores de la subpoblación migratoria fueran seleccionadas para el marcado durante 1979, 1981, 1983, y 1984. Por lo tanto, la proporción relativamente alta de devoluciones de marcas del OPO de la clase anual de 1979, a pesar de que la captura en el OPO en 1981 fue pobre, quizás sea el resultado de una concentración alta de esfuerzo de marcado en una subpoblación relativamente pequeña de migrantes. Esta posibilidad ha sido evaluada mediante el examen de datos sobre migraciones de peces marcados de 1 y 2 años de edad liberados en distintos lugares en el Pacífico occidental durante distintos meses (Boletín de la CIAT, 20 (1):

Tabla 7). Generalmente, la proporción de migrantes solía ser aproximadamente igual para peces de las mismas clases anuales liberados en distintos estratos de área-tiempo, y estos datos por lo tanto no brindan mucho apoyo a la hipótesis de subpoblaciones.

Datos de la composición por edad (Tabla 34) proporcionan información adicional pertinente a la quinta posibilidad. Se calcularon coeficientes de correlación para 12 parejas de datos (Tabla 37, recuadro superior) de la Tabla 34. Cinco de las 12 pruebas fueron significativas al nivel de 5%. El número de peces de edad 2 en el Pacífico oriental y occidental está correlacionado negativamente (Prueba 6), lo cual indica que las capturas pobres en el OPO podrían ser debidas, al menos parcialmente, a que una proporción de la población total inferior a la normal migró del Pacífico occidental al oriental. Las capturas de peces de edad 1 y 2 en el OPO están correlacionadas positivamente (Prueba 7), lo cual indica que la captura de peces de edad 2 en el OPO puede ser predicha, aunque no muy bien, a partir de la captura de peces de edad 1 en el OPO un año antes. Las capturas de peces de edad 0 y 1 en el Pacífico occidental están altamente correlacionadas (Prueba 8), lo cual indica que la captura de peces de edad 1 en el Pacífico occidental puede ser predicha a partir de la captura de peces de edad 0 en ese área un año antes.

La Prueba 11 arrojó un valor de  $r$  significativo al nivel de 1%, resultado no sorprendente dado que se obtuvo un valor de  $r$  aun más alto de la Prueba 8. Se obtuvo de la Prueba 12 un valor de  $r$  significativo al nivel de 5%; ésto tampoco es sorprendente dado que se obtuvo de la Prueba 2 un valor casi significativo.

El coeficiente de correlación de las capturas de peces de edad 0 en el Pacífico occidental y las capturas de peces de edad 2 en el OPO dos años después es 0,442 (Tabla 37, Prueba 2). Apesar de que esta relación no es significativa al nivel de 5%, es posible que indique que la captura de peces de edad 2 en el OPO esté vinculada al reclutamiento de dos años antes, suponiendo que la captura de peces de edad 0 en el Pacífico occidental sea un índice válido del reclutamiento. Ya que la captura de peces de edad 2 en el OPO parece estar relacionada con el reclutamiento de dos años antes (Prueba 2) y la captura de peces de edad 2 en el Pacífico occidental en el mismo año (Prueba 6), se calculó un coeficiente de correlación múltiple (Prueba 13). El coeficiente de determinación múltiple resultante fue altamente significativo, indicando que un 55,7% ( $0,7462 \times 100$ ) de la variación de las capturas de peces de edad 2 en el OPO es explicado por (1) una relación positiva con el reclutamiento en el Pacífico occidental y (2) una relación negativa con la captura de peces de edad 2 en el Pacífico occidental. Ya que la mayor parte de la captura en peso del OPO en la mayoría de los años consiste de peces de edad 2, el reclutamiento de dos años antes y la emigración del Pacífico occidental parecen ejercer influencias importantes sobre las capturas totales en el OPO.

En general, los resultados del análisis de edad de captura tienden a apoyar la conclusión tentativa de los estudios de datos de marcado de que las variaciones en las porciones de peces que migran del Pacífico occidental al OPO son por lo menos parcialmente responsables de las variaciones en las capturas en el OPO.

### ***Investigaciones futuras***

La información arriba presentada sugiere varios tipos de investigación que se deberían llevar a cabo.

En primer lugar, se debería recopilar para análisis toda la información disponible sobre las capturas de atunes aleta azul en el Pacífico occidental y central por área, período, y talla, y sobre el esfuerzo de pesca ejercido en esas áreas para capturarlos. Se debería enfocar el análisis en los peces de 2 a 4 años de edad, particularmente los *meji* (atunes, bonitos, caballas, etcétera, pequeños mixtos). Un científico del NRIFS usó datos de las proporciones de aletas azules, aletas

amarillas, y patudos mayores capturados para estimar las proporciones de estas especies en las capturas de *meji* durante 1966-1986. Aunque las estimaciones obtenidas de ese análisis son útiles, un muestreo de las capturas de *meji* para determinar la composición por especie produciría probablemente estimaciones más confiables. Se descarga el *meji* en muchos puertos, pero es posible que datos tomados en algunos puertos principales a intervalos de aproximadamente una semana entre julio y septiembre producirían estimaciones razonables de la composición por especie de los *meji*. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la información sobre las capturas de peces mayores, ya que son necesarios para la evaluación de los stocks datos sobre peces de todas las edades. Es posible que datos de la CPUE calculados a partir de la información reunida sirvan como índices insesgados, o casi insesgados, de la abundancia del aleta azul en el Pacífico occidental y oriental. La información sobre la abundancia del aleta azul sería usada para la evaluación de los stocks y para estudios de las migraciones y desplazamientos de los peces, incluidos los efectos de las condiciones oceanográficas sobre las migraciones, descritos a continuación. Datos sobre las capturas de aletas azules por barcos palangreros (Figura 91) ya han demostrado que los aletas azules maduros se encuentran distribuidos más hacia el oeste en la primavera y más hacia el este en el otoño.

En segundo lugar, se deberían llevar a cabo investigaciones para determinar dónde y cuándo empiezan y terminan las migraciones transpacíficas, cuáles proporciones de la población migran, y porqué estas proporciones varían entre años. Una posibilidad sería recopilar datos de CPUE de peces de los distintos grupos de edad, particularmente los más jóvenes, en el mayor número de áreas posible y a intervalos frecuentes a lo largo del año, a fin de detectar desplazamientos de los peces. Los datos del Pacífico occidental serían de importancia particular, ya que las migraciones altamente variables al este empiezan en esa área. Los datos del Pacífico central serían también de gran importancia, ya que quizás permitirían determinar si algunos de los peces que emprenden migraciones transpacíficas se vuelven antes de llegar a su destino original. Otra opción sería marcar los peces con marcas externas regulares en el Pacífico central o con marcas de archivo en el Pacífico occidental y oriental. Las marcas de archivo registran y almacenan continuamente datos de luz, temperatura, y presión, y cuando se recuperan se puede examinar los datos para determinar dónde estuvo el pez a intervalos de tiempo frecuentes entre la fecha de liberación y la fecha de recaptura. (Desgraciadamente, las marcas de archivo han estado disponibles comercialmente desde hace muy poco tiempo, y cada una cuesta centenares de dólares, por lo cual han sido usadas muy pocas en aletas azules del norte.) Una tercera opción sería un análisis químico de los microconstituyentes de los otolitos del aleta azul. Esta opción se basa en que diferentes áreas oceánicas poseen características químicas, físicas, y biológicas diferentes que afectan la composición química de los otolitos. Por lo tanto, un análisis de los otolitos de un pez individual podría revelar cuales áreas oceánicas había ocupado el pez en distintas etapas de su vida, y análisis de los otolitos de muestras de peces tomadas cada año en el Océano Pacífico occidental y oriental proporcionarían mucha más información sobre la migración transpacífica que el marcado con marcas convencionales.

En tercer lugar, se deberían hacer esfuerzos por determinar cuáles condiciones oceanográficas influyen sobre la migración de peces del Pacífico occidental al oriental y viceversa. Además, si los estudios arriba descritos indicaran que algunos de los peces se vuelven antes de completar una migración transpacífica, se deberían hacer esfuerzos por determinar cuáles condiciones oceanográficas podrían causar este comportamiento. Presuntamente estudios de este tipo serían realizados conjuntamente por oceanógrafos y biólogos del Japón y de la CIAT. El primer paso en un estudio tal sería recopilar datos de CPUE de peces de los distintos grupos de edad, particularmente los más jóvenes, en todas las áreas posibles y a intervalos frecuentes a lo largo del año.



El segundo paso sería comparar datos oceanográficos y de los desplazamientos de los peces para ver cuáles estaban correlacionados. Finalmente, se procuraría determinar cuáles condiciones oceanográficas realmente afectan las migraciones de los peces.

Finalmente, son apropiados más estudios de la estructura de las poblaciones del atún aleta azul. Hace falta una investigación más a fondo de la conclusión tentativa de que existe una sola población principal, porciones variables de la cual migran al OPO en diferentes años (Boletín de la CIAT, 20 (1): 87). Sería también de interés saber si los aletas azules criados en el Mar de Japón son genéticamente distintos de los que se crían al sur del Japón. Se podría obtener posiblemente mayor información sobre la estructura de las poblaciones de estudios genéticos bioquímicos.

### ATUN BARRILETE NEGRO

El barrilete negro forma solamente una muy pequeña parte de las descargas de atunes capturados en el Océano Pacífico oriental, pero es de importancia comercial considerable en varios países latinoamericanos. Forma además un recurso de magnitud importante, que probablemente será explotado más fuertemente a medida que aumente la demanda de atún. Por consiguiente, es prudente obtener todo conocimiento posible sobre esta especie.

Los conocimientos actuales del barrilete negro provienen principalmente de datos de bitácora de los barcos, de datos sobre los pesos de pescado descargado en las enlatadoras, de estómagos, gónadas, y medidas de peces tomadas en las enlatadoras, de datos biológicos tomados en un crucero de marcado, de gónadas obtenidas en cruceros de marcado para estudios histológicos, de estudios de larvas (orientados principalmente hacia otras especies), de datos de recaptura de barriletes negros marcados incidentalmente durante el marcado de aleta amarilla o barrilete, y de estudios actuales en los laboratorios de la CIAT en la Bahía de Achotines (República de Panamá) y La Jolla.

En la Tabla 1 se detallan las descargas de barrilete negro por barcos atuneros de 1963 a 1995. Estos datos incluyen solamente el pescado descargado; se sabe que se capturan cantidades mayores, pero como no se descargan, no se incluyen en las estadísticas. Las estimaciones de las cantidades de barriletes negros devueltos al mar por barcos cerqueros durante el período de 1986-1993 varían de unas 4 a unas 11 mil toneladas por año. Además, la especie es capturada por barcos pequeños basados en Latinoamérica, de los cuales no se obtienen datos. Las capturas reales son así superiores a las indicadas en la tabla. En la Figura 95 se ilustran las áreas de captura de 1980 a 1983 de los barcos de los que se obtuvieron datos de bitácora.

En el Informe Interno 17 de la CIAT se presenta un análisis de la relación peso-talla del barrilete negro. En un crucero de marcado realizado en 1981 se hicieron algunas observaciones sobre la habilidad natatoria, la temperatura del cuerpo, y el tiempo requerido para la evacuación gástrica; el análisis de los resultados fue publicado en una revista científica (Copeia, 1984 (4): 1000-1005). En total han sido marcados 1.502 barriletes negros, 107 de los cuales han sido devueltos. En la página 129 del Informe Anual de la CIAT de 1982 se presentan datos sobre los desplazamientos y crecimiento del barrilete negro, determinados a partir de estos datos.

Se publicaron en el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 2, datos sobre las áreas y la duración del desove, la talla de madurez sexual, la proporción de sexos, la fecundidad, y la frecuencia del desove del barrilete negro. El cálculo del potencial reproductivo es de importancia considerable con respecto a la dinámica de poblaciones de los peces, ya que es un determinante básico de la productividad. Además, ya que la cantidad de peces de tamaño capturable disponible a la pesca depende en gran parte del éxito del desove y de la sobrevivencia durante los primeros estadios del ciclo vital, los estudios de este tipo pueden producir información de valor potencial para realizar

pronósticos. Además, se han capturado larvas y juveniles de barrilete negro y de otras especies de escómbridos (atunes y caballas), en particular frente a Centroamérica y cerca de la desembocadura del Mar de Cortez (Informe Especial N° 2 de la CIAT: 388-391).

Los datos sobre la ocurrencia de larvas y juveniles, junto con los datos de marcado y de bitácora, proporcionan índices de abundancia del barrilete negro en relación a las demás especies de escómbridos. Esta información parece indicar que la producción anual potencial de esta especie es muy superior a los niveles actuales de descarga.

Actualmente se están realizando estudios extensos del barrilete negro en el laboratorio de la CIAT en Achotines y La Jolla. Se describen los resultados de estos estudios en varios trabajos científicos (por ejemplo, U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 88 (4): 821-828; Mar. Biol., 115 (2): 317-330; Jour. Exper. Biol., 190: 79-93; Boletín de la CIAT, 20 (7) y 21 (3)) e Informes Anuales de la CIAT recientes.

### PEZ ESPADA

El pez espada se encuentra ampliamente distribuido en los océanos y mares tropicales, subtropicales, y templados del mundo, y es el blanco de pesquerías comerciales importantes en muchas de las áreas donde ocurre. En la Figura 96 se presenta información sobre las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de la especie en el Océano Pacífico oriental (OPO). Estos mapas son probablemente indicativos de la distribución geográfica de la especie y las áreas donde más abunda. La demanda mundial de la especie ha ascendido en los últimos años, dando lugar a un incremento correspondiente en su valor. Esto ha llevado a un crecimiento rápido de las pesquerías del pez espada en varias partes del mundo. En el OPO, las pesquerías de Estados Unidos y de Chile han crecido considerablemente en los últimos años (Tabla 38). Otras naciones que lindan con el Océano Pacífico oriental, como Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Perú, y la Polinesia Francesa, también participan en la pesca del pez espada.

Las capturas del pez espada en el Océano Atlántico han disminuido en los últimos años, debido aparentemente a una pesca excesiva. No existen indicios de que la especie sea sobreexplotada en el Océano Pacífico, pero es posible que tal situación ocurra si el esfuerzo de pesca sigue aumentando. Bajo estas circunstancias, es menester reunir información estadística y biológica completa sobre las pesquerías en desarrollo y continuar la colección de estos datos en las pesquerías ya establecidas. Esta información es esencial para la evaluación de los efectos de las pesquerías sobre el stock o los stocks de peces espada explotados. Métodos estandarizados de toma de datos y análisis coordinados de los datos reunidos son esenciales para lograr evaluaciones útiles.

#### *Pesquerías*

Los pescadores deportivos rara vez capturan peces espada, y no se dispone de registros de sus capturas. En promedio, las capturas de la especie por estos pescadores se cifran probablemente en menos de 50 peces por año en el OPO.

Las principales capturas comerciales de pez espada son realizadas por pesquerías de palangre y red agallera. La pesca con arpón fue importante en varias áreas en el pasado, pero ha disminuido considerablemente en los últimos años. Las capturas mundiales de la especie se incrementaron de unas 48.200 toneladas cortas en 1982 a unas 89.300 toneladas en 1988, luego disminuyeron a unas 74.500 toneladas en 1991 antes de subir a unas 91.700 toneladas en 1994 (Tabla 38). Las capturas en el Océano Pacífico aumentaron de unas 20.400 toneladas en 1982 a unas 38.600 en 1992, y luego disminuyeron a unas 30.200 toneladas en 1994 (Tabla 38). Las can-

tidades equivalentes para el OPO son 7.300 toneladas en 1982 y aproximadamente 10.000 en 1994 (Tabla 39). De las 168.500 toneladas de pez espada capturadas en el Océano Pacífico durante 1988-1993, las pesquerías japonesas fueron responsables de la mayor porción (42%), con cantidades considerables tomadas también por barcos de Chile (19%), Estados Unidos (16%), y Filipinas (12%). Existen muchos problemas con las estadísticas de captura del pez espada. Los datos en las Tablas 38 y 39 fueron compilados de varias fuentes, que a menudo no concordaban entre sí. Tendrán lugar en 1996 y 1997 varias reuniones sobre esta especie, y se espera que en las mismas se podrá resolver al menos algunos de estos problemas.

### ***Japón***

Barcos palangreros japoneses capturan peces espada en el OPO. La mayoría de las caladas son realizadas a primera hora del día, para que los anzuelos pesquen durante las horas de luz antes de ser cobrados al atardecer. Se ha sugerido que los peces espada capturados por esta arte son capturados al ser cobrados los anzuelos durante períodos de oscuridad.

Durante el período de 1952-1962, componentes de la flota palangrera japonesa dirigieron su esfuerzo hacia el pez espada pescando de noche con calamar como carnada, en lugar de agujas u otro pescado. De esta forma se aprovechaban de que el pez espada suele subir a la superficie de noche y descender a profundidad de día. Este tipo de pesca fue usado por primera vez en el Océano Pacífico oriental en 1963. Fue posible distinguir el esfuerzo dirigido hacia el pez espada de otro esfuerzo con registros del tipo de cebo usado. Hacia fines de los años 60, empero, esta distinción fue turbada por el creciente uso de calamar como carnada en las caladas normales (diurnas).

El esfuerzo japonés de pesca con palangre en el Pacífico osciló entre unos 275 y 300 millones de anzuelos durante 1970-1975, de unos 327 a 400 millones de anzuelos durante 1976-1985, y de unos 356 a 399 millones de anzuelos durante 1986-1992. El esfuerzo en el OPO fue de unos 67 a 107 millones de anzuelos durante 1970-1975, 107 a 140 millones durante 1976-1985, y de 161 a 200 millones durante 1986-1992.

Antes de 1993 la pesquería de altura con red agallera capturaba cantidades menores de peces espada en el OPO. La pesquería fue abandonada en 1992.

### ***Chile***

Con la ampliación del mercado de pez espada fresco y congelado en los Estados Unidos en los años 80, las capturas anuales de pez espada se incrementaron de un promedio de unas 200 a 300 toneladas antes de 1986 a 800 toneladas en 1986 y luego a un máximo de unas 8.000 toneladas en 1991 (Tabla 38). La captura en 1994 fue de unas 4.200 toneladas. La pesquería artesanal chilena de la especie faena a unas 15 a 150 millas náuticas del norte y centro del país. Más del 90% de los barcos miden menos de 18 metros de eslora y pescan con redes agalleras. Una pequeña parte de esta flota continúa como pesquería tradicional con arpón. Con el aumento del tamaño de los barcos con el tiempo, una proporción siempre mayor de la flota ha sido autorizada para pescar con red agallera y palangre, y ha pescado con ambas artes. La mayoría de la captura chilena de pez espada es lograda entre enero y junio, con un máximo entre marzo y mayo. A raíz de la reducción de las capturas, para julio o agosto la mayoría de los pescadores cambian a otras especies.

### ***Estados Unidos***

Las principales pesquerías estadounidenses de peces espada en el Pacífico son la de red agallera y la palangrera.

Antes de fines de la década de los 70, la única pesquería estadounidense de pez espada significativa era la de arpón realizada frente al sur de California a fines de verano y otoño. Desde la captura récord de 1978 de unas 1.600 toneladas, la captura anual en esta pesquería ha disminuido a unas 100 a 200 toneladas.

La pesquería con red agallera ha dominado la captura estadounidense de pez espada desde 1981. Esta pesquería estaba dirigida originalmente hacia el tiburón, pero ahora se dedica en ciertas estaciones del año al pez espada. Durante los primeros años después de este cambio en la estrategia de pesca, la captura anual de peces espada con redes agalleras aumentó hasta un máximo de unas 1.600 toneladas en 1984 y 1985. Posteriormente disminuyó a unas 800 toneladas en 1990 y 1991, pero entonces volvió a subir a unas 1.200 toneladas anuales en 1992 y 1993. Aproximadamente el 80% de la captura de pez espada con redes agalleras tiene lugar entre septiembre y diciembre.

Los cambios significativos más recientes en la pesquería estadounidense del pez espada del Pacífico han tenido lugar en la pesquería palangrera operando desde Hawaii y, más recientemente, California del Sur. Para fines de 1995 la mayoría de los barcos basados en California habían abandonado la pesquería. Antes de 1989, el pez espada era una captura incidental de esta pesquería, que se dirigía hacia atunes y tenía lugar primordialmente dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de los Estados Unidos alrededor de Hawaii. A principios de los años 90, barcos estadounidenses de la costa atlántica y el Golfo de México, usando estrategias de pesca elaboradas para la pesca del pez espada del Atlántico, incluyendo caladas nocturnas de artes de poca profundidad con anzuelos iluminados, ingresaron a la flota basada en Hawaii. A medida que aumentó el esfuerzo de pesca con los barcos adicionales, se amplió también la pesquería hasta incluir un esfuerzo significativo en aguas internacionales afuera de la ZEE estadounidense alrededor de Hawaii. Las capturas de pez espada por la flota palangrera basada en Hawaii aumentaron más de diez veces, de unas 200 toneladas en 1989 a unas 2.100 en 1990, y luego se más que duplicó a unas 5.000 y 5.500 toneladas en 1991 y 1992, respectivamente. Estas capturas son logradas principalmente durante el período de enero a junio. En 1994 la captura de la especie se redujo en casi un 50% con respecto a los años precedentes, y disminuyó aún más en 1995. La reducción en 1994 se debió en parte a una reducción en el esfuerzo dirigido hacia el pez espada y en parte a CPUE reducidas. En 1995 las CPUE volvieron a su nivel normal.

A fines de 1992, barcos palangreros que antes pescaban en el Océano Atlántico y el Golfo de México comenzaron a pescar en el Océano Pacífico desde puertos del sur de California. En 1992 pescaban solamente dos ó tres de estos barcos, pero para julio de 1994 había al menos 23. Varios barcos han pescado durante el año entero para determinar la mejor forma de faenar, mientras que otros pescaron solamente cuando se reportaba buena pesca. Para fines de 1994 el número de barcos se había reducido a unos 10 a 12, y para el fin de 1995 quedaban solamente 3 barcos activos. Los barcos que abandonaron la pesquería volvieron al Golfo de México. Al igual que en la flota basada en Hawaii, estos barcos pescan también atunes, y dirigen la mayor parte de su esfuerzo hacia el pez espada cuando esta especie abunda más o es más fácil de capturar. Observadores de la CIAT acompañaron dos viajes realizados por estos barcos en 1994, y el personal de la CIAT ha elaborado, impreso, y distribuido cuadernos de bitácora para ellos. El Departamento de Pesca y Caza de California requiere actualmente que cada barco mantenga un cuaderno de bitácora provisto por dicha organización y que le proporcione la información anotada.

### ***México***

La pesquería mexicana del pez espada comenzó al adoptar México una ZEE de 200 millas y restringir las operaciones pesqueras extranjeras en esa zona. Anteriormente fueron capturadas

grandes cantidades de peces picudos, entre ellos peces espada, por las pesquerías palangreras de otras naciones en lo que es ahora la ZEE de México. Entre 1980 y 1989 México autorizó pesquerías palangreras de empresas conjuntas faenando bajo pabellón mexicano. A principios de la década de los 80 el esfuerzo ejercido por esta pesquería fue bajo, pero para el fin de la década unos 10 a 15 barcos tomaban parte en la pesquería cada año. El esfuerzo de pesca, en número de anzuelos calados, varió mucho en el período de esta pesquería, de unos 260 mil anzuelos en 1984 a unos 3,8 millones en 1988. La captura total de pez espada lograda durante el período en que existió esta pesquería fue unas 2.000 toneladas, con capturas anuales de entre unas 5 toneladas en 1984 y 520 en 1981.

Desde la eliminación de esta pesquería, se ha desarrollado una pesquería de peces picudos con redes agalleras en la ZEE mexicana. Se estima que para 1990 estaban pescando unos 25 barcos de 16 empresas, y que para 1992 estas cifras casi se duplicaron, a 44 barcos de 37 empresas. La captura de pez espada por estos barcos fue unas 870 toneladas en 1990, 1.150 en 1991, 770 en 1992, y 550 en 1993. En 1992 se habían otorgado 27 licencias para esta pesquería, y había 24 barcos pescando.

### ***Evaluación de los stocks***

Se usan tres tipos generales de modelos para evaluar la condición de los stocks de peces: modelos con estructura de edades, reproductor-recluta, y de producción. Todos requieren que el modelado sea llevado a cabo con un stock de peces separado. Se sabe poco de la estructura de los stocks del pez espada en el Océano Pacífico, por lo que los resultados presentados a continuación deben ser considerados provisionales.

Los modelos con estructura de edades requieren datos sobre el reclutamiento y las tasas de crecimiento y mortalidad de peces individuales, a menudo difíciles de conseguir, pero generalmente producen mejores resultados que otros tipos de modelo. Se obtienen estimaciones de estos parámetros de los análisis de datos de talla y edad de peces en la captura y de experimentos de marcado y recaptura. Las diferencias en el crecimiento y longevidad de machos y hembras pueden ser incorporados en estos modelos. Debido a la carencia de datos, no han sido aplicados los modelos con estructura de edades al pez espada del Océano Pacífico.

Los modelos reproductor-recluta se basan en comparaciones de las relaciones entre la abundancia de reproductores y la abundancia subsiguiente de huevos, larvas, juveniles, o reclutas a la pesquería. Las diferencias en el crecimiento y longevidad de machos y hembras necesitan ser incorporados en los modelos reproductor-recluta. Debido a la carencia de datos, no han sido aplicados estos modelos al pez espada del Océano Pacífico.

Los modelos de producción, que usan datos para el stock completo y no de peces individuales, son bastante sencillos de usar, ya que requieren solamente datos sobre la captura y el esfuerzo de pesca. Sin embargo, hacen falta datos para una serie de años durante los cuales el nivel de esfuerzo varió considerablemente. Además, el efecto del arte de pesca sobre los peces debe ser igual de año a año, de otro modo se necesita ajustar los datos para compensar los cambios en el aparejo de pesca. Ya que no se satisfacen siempre completamente estos supuestos, los modelos de producción a menudo arrojan estimaciones menos precisas de los efectos de la pesca que los modelos con estructura de edades.

Los modelos de producción, con datos de la pesquería palangrera japonesa de 1963 a 1980, han sido aplicados al pez espada en el Océano Pacífico por varios investigadores. Sus resultados fueron solamente tentativos, por al menos dos razones. En primer lugar, a raíz de la falta de datos sobre la devolución de marcas, características merísticas y morfométricas, características genéticas, etcétera, los investigadores tuvieron que formar supuestos sobre la estructura de los

stocks a partir de la distribución de las capturas de los peces, y es posible que estos supuestos resulten ser incorrectos. En segundo lugar, debido a la falta de datos que se podrían usar para hacer ajustes por diferencias en la vulnerabilidad de los peces a la captura, tuvieron que suponer que los peces espada eran igualmente vulnerables a la captura con palangre en todos los años, estaciones, y áreas. Se concluyó que el pez espada era capaz de soportar capturas mayores a aquellas logradas durante ese período. Sin embargo, las pesquerías han cambiado desde entonces. Para 1992, la captura de peces espada en el Océano Pacífico había alcanzado casi las 34.000 toneladas, un aumento de 50% desde 1986. La porción japonesa de esta captura disminuyó de un 75% a un 35%, y es por lo tanto posible que la pesquería japonesa ahora no proporcione una cobertura suficiente para controlar la pesquería entera. Se deberían incluir en análisis futuros datos de las pesquerías costeras de Chile, Costa Rica, Ecuador, los Estados Unidos, las Filipinas, México, y otras naciones. Ya que las pesquerías están creciendo, es importante realizar estos análisis.

Los investigadores de la CIAT han usado el modelo de poblaciones con retardos temporales de Deriso-Schnute (Hilborn y Walters, 1992, Quantitative Fisheries Stock Assessment, Chapman and Hall, Nueva York y Londres: 330-348) con los datos de esfuerzo y captura de 1962-1987 para investigar la dinámica del pez espada en el OPO. Los datos disponibles al realizarse el análisis, que indica disminución de las CPUE con aumentos en el esfuerzo de pesca, proporcionan una cantidad mínima de información con la cual modelar la dinámica de una población. Un examen preliminar de los datos de esfuerzo y captura de años posteriores a 1987 indica que las CPUE han seguido disminuyendo, pero que son todavía mayores a las CPUE correspondientes al rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS), señalando que el pez espada no es sobreexplotado en el OPO. Estos datos más recientes serán incorporados en análisis futuros de la condición de los stocks de pez espada en el OPO. Hasta que se completen estos análisis es imposible estimar el nivel actual de los stocks de pez espada en el OPO con respecto al nivel esperado con el RPMS.

### ***Discusión y conclusiones***

Tras una reducción en las capturas del pez espada en el Océano Pacífico a principios de la década de los 60, cuando la flota palangrera japonesa en el Pacífico noroccidental comenzó a dirigir su esfuerzo hacia especies aparte del pez espada, la captura del Pacífico entero comenzó a aumentar. En las dos décadas siguientes, debido al aumento en la demanda de la especie, el esfuerzo en el Océano Atlántico se incrementó. Al principio aumentaron las capturas, pero luego, debido presuntamente a una explotación excesiva, disminuyeron. Si las capturas en el Océano Pacífico siguen aumentando, es posible que, al igual que en el Atlántico, la abundancia del pez espada se reduzca a tal punto que las capturas eventualmente disminuirán. Surge la cuestión de cómo evitar la pesca excesiva en el Océano Pacífico, es decir, cómo mantener el equilibrio entre la explotación y la capacidad de la población de peces espada de soportar las capturas. La solución, naturalmente, es mejorar los conocimientos de la dinámica poblacional de la especie y utilizar estos conocimientos para el manejo del recurso.

Hay varios requisitos técnicos que se han de satisfacer para asegurar una evaluación adecuada de los stocks. Uno de los requisitos esenciales más importantes es un conocimiento de la estructura poblacional de los stocks de pez espada explotados. Se ha de saber si los peces que forman el blanco de una pesquería particular se mezclan con peces que son el blanco de otras pesquerías y si se cruzan con ellos, ya que no sería efectivo intentar manejar una pesquería si los peces de esa pesquería se mudaran a otras pesquerías sin medidas de manejo similares o complementarias. Es por lo tanto necesario comprender la estructura de los stocks de la especie en

cuestión antes de poder aplicar con confianza los modelos de producción, con estructura de edades, o reproductor-recluta.

Son necesarios datos completos de captura y esfuerzo para poder aplicar los modelos de producción. Para cada pesquería, hacen falta datos sobre las capturas en áreas pequeñas e intervalos de tiempo cortos, junto con medidas del esfuerzo de pesca, tales como el número de barcos que pescan, el número de anzuelos calados por día, o las horas de uso de las redes agalladeras. La información correspondiente de las pesquerías deportivas será también necesaria si las capturas en éstas se hacen importantes. Una manera práctica de reunir esta información de las pesquerías comerciales es mediante un sistema de cuadernos de bitácora, mantenidos por el capitán o tripulantes, y complementado por un programa de observadores. Otros sistemas, por ejemplo el monitoreo de puntos de descarga importantes, podrían ser elaborados para barcos más pequeños. Con datos de este tipo se podrían llevar a cabo análisis utilizando modelos de producción. Aunque de alcance limitado, estos modelos podrían proporcionar estimaciones iniciales de las capturas potenciales y advertencias anticipadas de pesca excesiva.

Para la aplicación de modelos con estructura de edades es necesario saber la talla y/o el peso de los peces en la captura, más datos de captura. Se pueden usar estos datos para estimar las tasas de crecimiento y de mortalidad natural y por pesca. Además, se debería reunir información sobre las características reproductoras, tales como proporción de sexos, fecundidad, frecuencia del desove, y ubicación de las áreas de desove. Un programa para reunir estos datos necesitaría incluir un muestreo en muchos de los principales puntos de descarga de las pesquerías comerciales. Se tendría que tomar muestras de forma regular durante un período extenso.

La información necesaria para la aplicación de los modelos reproductor-recluta es esencialmente la misma que para los modelos con estructura de edades.

Aún si se dispusiera de una comprensión adecuada de la dinámica poblacional del pez espada, hay todavía varias cuestiones de índole no científica que podrían complicar la puesta en práctica de la administración. Estas incluyen conflictos entre pescadores comerciales usando distintos tipos de arte de pesca, conflictos entre pescadores comerciales y deportivos, una preocupación creciente sobre capturas "incidentales" (de especies que no son el blanco de la pesca), y los problemas eventuales de la distribución de las capturas entre los usuarios. (En el presente informe se define la captura incidental como la captura total de especies aparte de la especie objetivo de la pesquería, incluyendo pescado y demás animales que se retienen, liberan vivos, o desechan muertos. Las especies objetivo principales son atunes y peces picudos para las pesquerías palangreras y peces espada y tiburones para las pesquerías con redes agalleras.) Ya se ha tomado la decisión de eliminar la pesca con redes agalleras en alta mar, y es posible que se tomen eventualmente más decisiones para la distribución de las capturas entre tipos de arte de pesca, y posiblemente entre naciones.

Los palangres y las redes agalleras capturan las mayores cantidades de peces espada en el Océano Pacífico. Se puede aumentar la probabilidad de capturar la especie mediante cambios del lugar donde se cala el aparejo de pesca, la configuración del mismo, etcétera, pero no se puede en ningún caso garantizar la captura de peces espada únicamente. Estos dos tipos de arte de pesca capturan normalmente una variedad de grandes peces pelágicos, tales como atunes, marlines, y tiburones, junto con los peces espada. Los marlines son menos comunes en las capturas de los barcos agalladeros que de los palangreros. Además, ambas artes capturan ocasionalmente tortugas, los palangres a veces capturan aves marinas, y las redes agalladeras atrapan unos pocos mamíferos marinos.

Es poco común la captura de peces espada por pescadores deportivos. Sin embargo, las pesquerías deportivas de marlines y peces vela son importantes, y pesquerías dirigidas hacia el pez

espada capturan a menudo esas otras especies. En vista de ello, les preocupa a los pescadores deportivos que las pesquerías crecientes del pez espada reducirán el número de marlines y peces vela.

La captura real y percibida de mamíferos marinos, tortugas, y aves con palangre y/o redes agalladeras ha dado lugar a acciones por algunos grupos para limitar el uso de estos tipos de arte. Es imprescindible, si se pretende resolver este problema percibido, que se reúna información sobre el número y tipo de animales capturados incidentalmente. (Cabe destacar que ha sido publicada información sobre las capturas incidentales por barcos pescando con redes agalladeras frente a California (Calif. Dept. Fish Game, Fish. Bull., 175).) En conjunto con estos esfuerzos por reunir datos, sería de desear un esfuerzo mayor para diseñar, desarrollar, y poner en uso modificaciones de las artes de pesca y/o de las técnicas de usarlas que reducirían la captura incidental, si se demuestra que estas artes ejercen un efecto significativo sobre las especies que forman las capturas incidentales.



**APPENDIX 1—ANEXO 1****STAFF\*—PERSONAL\*****DIRECTOR**

James Joseph, Ph.D. (University of Washington)

**ASSISTANT DIRECTOR**

Robin L. Allen, Ph.D. (University of British Columbia)  
(from July 24

—desde el 24 de julio)

**SCIENTIFIC—CIENTIFICO****Chief Scientists—Científicos Dirigentes**

Richard B. Deriso, Ph.D. (University of Washington)  
Tuna-billfish Program

—Programa Atún-picudo

Martín A. Hall, Ph.D. (University of Washington)  
Tuna-dolphin Program

—Programa Atún-delfín

**Senior Scientists—Científicos Principales**

Pablo R. Arenas, Ph.D. (University of Washington)  
Biology  
(to April 30

—Biología  
—hasta el 30 de abril)

William H. Bayliff, Ph.D. (University of Washington)  
Biology

—Biología

David A. Bratten, B.S. (San Diego State University)  
Biology

—Biología

Michael G. Hinton, M.S. (University of Washington)  
Biology: statistics

—Biología: estadística

Daniel Margulies, Ph.D. (University of Maryland)  
Biology

—Biología

Robert J. Olson, Ph.D. (University of Wisconsin)  
Biology

—Biología

Michael D. Scott, Ph.D. (University of California at Los Angeles)  
Biology

—Biología

Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt State University)  
Biology: population dynamics

—Biología: dinámica de poblaciones

Alexander Wild, Ph.D. (University of British Columbia)  
Biology  
(to May 5

—Biología  
—hasta el 5 de mayo)

**Associate Scientists—Científicos Asociados**

Ernesto Altamirano Nieto, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)  
Biology

—Biología

Alejandro A. Anganuzzi, Lic. (Universidad Nacional de Mar del Plata)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Thomas P. Calkins, B.S. (University of Washington)	
Biology	—Biología
Edward H. Everett, B.A. (San Jose State University)	
Biology: statistics	—Biología: estadística
Marco A. García, Lic. (Universidad de Oriente)	
Biology: mathematics	—Biología: matemática
Cleridy E. Lennert, M.S. (University of California at San Diego)	
Biology: mathematics	—Biología: matemática
Richard J. Lindsay, B.S. (Long Island University)	
Biology	—Biología
Milton F. López, B.S. (University of Rhode Island)	
Computer science	—Ciencia de computadoras
Ashley J. Mullen, Ph.D. (University of London)	
Biology: mathematics	—Biología: matemática
Richard G. Punsly, M.S. (University of Washington)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Robert E. Sarazen, B.S. (California State University, Long Beach)	
Data base management	—Administración de base de datos
Kurt M. Schaefer, M.S. (San Diego State University)	
Biology	—Biología
Vernon P. Scholey, M.S. (University of Washington)	
Biology	—Biología (Achetines, Panamá)
Nickolas W. Vogel, B.A. (University of California at Santa Barbara)	
Biology	—Biología
Jeanne B. Wexler, B.S. (Humboldt State University)	
Biology	—Biología

#### Assistant Scientists—Científicos Auxiliares

Armando Enrique Carrasco Arevalo, B.S. (University of West Florida)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Cumaná, Venezuela)
Emilio Rafael Cedeño Perez, Lic. (Universidad de Oriente)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Cumaná, Venezuela)
Adrián Celaya Ortega, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California Sur)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Mazatlán, México)

Alvin Delgado Martínez, Lic. (Universidad de Oriente) Biology: statistics	—Biología: estadística (Cumaná, Venezuela)
Leonardo García, Lic. (Universidad de Guayaquil) Biology: statistics (to September 4	—Biología: estadística —hasta el 4 de septiembre) (Manta, Ecuador)
Pablo X. Guerrero Verduga, Lic. (Universidad de Guayaquil) Biology: statistics to September 4	—Biología: estadística —hasta el 4 de septiembre) (Manta, Ecuador)
Erick Danton Largacha Delgado, Lic. (Universidad de Guayaquil) Biology: statistics from September 4	—Biología: estadística —desde el 4 de septiembre) (Manta, Ecuador)
José Manuel Lutt M., B.S. (Universidad Autónoma de Baja California) Biology: statistics	—Biología: estadística (Ensenada, México)
Cesar Maldonado Gonzalez, B.S. (Universidad Autónoma de Sinaloa) Biology: statistics	—Biología: estadística (Mazatlan, México)
Alberto Morales Yañez, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California) Biology: statistics	—Biología: estadística (Ensenada, México)
Eric E. Pedersen, B.S. (Humboldt State University) Biology: statistics	—Biología: estadística (Ensenada, México)
Hector Javier Perez Bojorquez, B.S. (Universidad Autónoma de Sinaloa) Biology: statistics	—Biología: estadística (Mazatlán, México)
Andris Purmalis, B.S. (University of Michigan) Biology: statistics	—Biología: estadística (Panamá, R.P.)
Lesly Rodríguez, Lic. (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua) Biology	—Biología
Mario Luis Ruiz Nuñez, Lic. (Universidad de Guayaquil) Biology: statistics from September 4	—Biología: estadística —desde el 4 de septiembre) (Manta, Ecuador)

Oswaldo A. Silva, Ict. Pis. (Instituto de Altos Estudios de la Técnica en la Industria y Economía Pesquera, Astrakhan, USSR)

Biology: statistics

—Biología: estadística  
(Manta, Ecuador)

Koji Uosaki, B. Fish. (Hokkaido University)

Biology

(from May 31

—Biología)  
—desde el 31 de mayo)

Enrique Ureña Portales, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)

Biology: statistics

—Biología: estadística

G. Jay Walker, B.A. (Boston College)

Computer programmer

(to January 5

—Programador de computadoras  
—hasta el 5 de enero)

### TECHNICAL—TECNICO

Javier Barandiarán, B.A.C (Universidad de Puerto Rico)

Waterfront contact: laboratory technician

—Representante en el muelle: técnico de laboratorio

Sharon A. Booker

Data assistant

—Asistente de datos

Joanne E. Boster

Statistical technician

—Técnica en estadística

Laura J. Bowling

Data assistant

—Asistente de datos

Jesús Mario Budria Garcia

Maintenance supervisor

—Supervisor de mantenimiento  
(Achetines, Panamá)

Nannette Y. Clark

Statistical technician

—Técnica en estadística

Juan A. Gracia, J.D. (Universidad Católica de Puerto Rico)

Waterfront contact: laboratory technician

—Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Mayaguez, Puerto Rico)

Julio César Guevara Quintana

Waterfront contact: laboratory technician

—Representante en el muelle: técnico de laboratorio  
(Panamá, R.P.)

Nancy Haltof

Data assistant

—Asistente de datos

Jenny M. Suter, B.S. (University of California at Davis)

Laboratory technician

—Técnico de laboratorio

**ADMINISTRATIVE—ADMINISTRATIVO**

Maria Cristina Caballero	
Bilingual secretary	—Secretaria bilingüe
Yolanda Covington	
Bilingual secretary	—Secretaria bilingüe
Berta N. Juárez	
Bilingual secretary to the Director	—Secretaria bilingüe del Director
Daniel R. Lilly, B.S. (Marquette University)	
Administrative assistant	—Ayudante administrativo

\* All staff members at La Jolla unless otherwise noted

\* Todos en La Jolla, a menos que se indique lo contrario

**APPENDIX 2—ANEXO 2****AMENDMENT TO RULES OF PROCEDURE**

**RULE IX:** Add “and observers” following the words “Members of the Panel.”

**NEW RULE X. ATTENDANCE AT MEETINGS:**

- a) There shall be no restrictions on the number of persons a member government can include in its delegation to an IRP meeting.
- b) Any IATTC member country or country signatory to the Agreement that is not a member of the IRP may be represented by an observer.
- c) Any country not a member of the IATTC or not signatory to the Agreement may be represented by an observer with the approval of two-thirds of the members of the Panel.
- d) The Secretariat may invite representatives of intergovernmental organizations as observers, with prior notification of IRP members.
- e) Observers are limited to two delegates, but may bring more with the approval of two-thirds of the members of the Panel.

Former Rules X and XI to be renumbered as XI and XII.

---

**ENMIENDAS A LAS REGLAS DE PROCEDIMIENTO**

**REGLA IX:** Añadir “y observadores” después de las palabras “Miembros del Panel.”

**REGLA X. ASISTENCIA A LAS REUNIONES**

- a) No habrá restricciones en el número de personas que un país miembro pueda incluir en su delegación para asistir a una reunión del Panel.
- b) Todo país miembro de la CIAT o signatario del Acuerdo que no es miembro del Panel podrá asistir en calidad de observador.
- c) Todo país no miembro de la CIAT ni signatario del Acuerdo podrá asistir en calidad de observador con la aprobación de dos tercios de los miembros del Panel.
- d) La Secretaría podrá invitar organizaciones intergubernamentales como observadores, con notificación previa a los miembros del Panel.
- e) Las delegaciones observadoras consistirán de no más de dos personas, pero podrán ser mayores con la aprobación de dos tercios de los miembros del Panel.

Las antiguas Reglas X y XI deben ser renumeradas como XI y XII.

**APPENDIX 3—ANEXO 3****DECLARATION OF PANAMA**

The Governments of Belize, Colombia, Costa Rica, Ecuador, France<sup>1</sup>, Honduras, Mexico, Panama, Spain<sup>1</sup>, United States of America, Vanuatu and Venezuela, meeting in Panama City, Republic of Panama on October 4, 1995, hereby reaffirm the commitments and objectives of the La Jolla Agreement of (1) progressively reducing dolphin mortality in the eastern Pacific Ocean (EPO) fishery to levels approaching zero through the setting of annual limits and (2) with a goal of eliminating dolphin mortality in this fishery, seeking ecologically sound means of capturing large yellowfin tunas not in association with dolphins.

Recognizing the strong commitments of nations participating in the La Jolla Agreement and the substantial successes realized through multilateral cooperation and supporting national action under that Agreement, the Governments meeting in Panama, including those which are, or have announced their intention to become, members of the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC), announce their intention to formalize by January 31, 1996, the La Jolla Agreement as a binding legal instrument which shall be open to all nations with coastlines bordering the EPO or with vessels fishing for tuna in this region. This shall be accomplished by adoption of a binding resolution of the IATTC or other legally binding instrument. The adoption of the IATTC resolution or other legally binding instrument, that utilizes to the maximum extent possible the existing structure of the IATTC, is contingent upon the enactment of changes in United States law as envisioned in Annex I to this Declaration. The binding legal instrument shall build upon the strengths and achievements of the La Jolla Agreement, the working groups established under it, and the actions of the Governments participating in that Agreement. This binding legal instrument shall consist of the La Jolla Agreement, its appendices, and the decisions of the governments under that Agreement as modified to achieve the objectives and commitments contained herein.

The Governments meeting in Panama agree that in concluding, adopting, and implementing this binding legal instrument, they will:

Commit to the conservation of ecosystems and the sustainable use of living marine resources related to the tuna fishery within the EPO. Adopt conservation and management measures that ensure the long-term sustainability of tuna stocks and other stocks of living marine resources in the EPO. Such measures shall be based on the best scientific evidence, including that based on a precautionary methodology, and shall be designed to maintain or restore the biomass of harvested stocks at or above levels capable of producing maximum sustainable yield, and with the goal to maintain or restore the biomass of associated stocks at or above levels capable of producing maximum sustainable yield. These measures and methodology should take into consideration, and account for, natural variation, recruitment rate, natural mortality rate, population growth rate, individual growth rate, population parameters K and r, and scientific uncertainty.

Commit, according to their capacities and in coordination with the IATTC, to the assessment of the catch and bycatch of juvenile yellowfin tuna and other stocks of living marine resources related to the tuna fishery in the EPO and the establishment of measures to, *inter alia*, avoid, reduce and minimize the bycatch of juvenile yellowfin tuna and bycatch of non-target species, in order to ensure the long-term sustainability of all these species, taking into consideration the interrelationships among species in the ecosystem.

<sup>1</sup>Spain and France support the commitments of this Declaration under reservation because of the legislation related to fisheries of the European Union.

Commit in the exercise of their national sovereignty to enact and enforce this instrument through domestic legislation and/or regulation, as appropriate.

Adopt cooperative measures to ensure compliance with this instrument, building upon decision IGM 6/93, Appendix IV, "Guiding Principles Respecting Relationships between States Both Party and Non-Party to the Agreement," taken by the nations participating in the La Jolla Agreement Working Group in Vanuatu in June 1993, and advance the work of the Working Group on Compliance, building upon decision IGM 6/93, Appendix V, "Options for Action Against Nations Not Complying With the Agreement." (Annex II)

Enhance the practice of reviewing and reporting on compliance with this instrument, building upon past practices under the La Jolla Agreement.

Establish a per-stock per-year cap of between 0.2% of the Minimum Estimated Abundance ( $N_{\min}$ ) (as calculated by the U.S. National Marine Fisheries Service or equivalent calculation standard) and 0.1% of  $N_{\min}$ , but in no event shall the total annual mortality exceed 5000 consistent with the commitments and objectives stated in the preamble above. In the year 2001, the per-stock, per-year cap shall be 0.1% of  $N_{\min}$ .

Conduct in 1998 a scientific review and assessment of progress toward the year 2001 objective, and consider recommendations as appropriate. Up to the year 2001, in the event that annual mortality of 0.2% of  $N_{\min}$  is exceeded for any stock, all sets on that stock and on any mixed schools containing members of that stock shall cease for that fishing year. Beginning in the year 2001, in the event that annual mortality of 0.1% of  $N_{\min}$  for any stock is exceeded, all sets on that stock and on any mixed schools containing members of that stock shall cease for that fishing year. In the event that annual mortality of 0.1% of  $N_{\min}$  is exceeded for either Eastern Spinner or Northeastern Spotted dolphin stocks, the governments commit to conduct a scientific review and assessment and consider further recommendations.

Establish a per-vessel maximum annual DML consistent with the established per-year mortality caps.

Establish a system that provides incentives to vessel captains to continue to reduce dolphin mortality, with the goal of eliminating dolphin mortality in the EPO.

Establish or strengthen National Scientific Advisory Committees (NATSAC), or the equivalent, of qualified experts, operating in their individual capacities, which shall advise their respective governments on mechanisms to facilitate research, and on the formulation of recommendations for achieving the objectives and commitments contained herein, or strengthen existing structures in order to conform with the requirements delineated herein. Membership to NATSACs shall include, *inter alia*, qualified scientists from the public and private sector and NGOs. The NATSACs shall:

1. Receive and review data, including data provided to national authorities by the IATTC;
2. Advise and recommend to their governments measures and actions that should be undertaken to conserve and manage the stocks of living marine resources of the EPO;
3. Make recommendations to their governments regarding research needs, including ecosystems, fishing practices, and gear technology research, including the development and use of selective, environmentally safe and cost-effective fishing gear; and the coordination and facilitation of such research;
4. Conduct scientific reviews and assessments by the year 1998 regarding progress toward the year 2001 objective stated above, and make appropriate recommendations to their governments concerning these reviews and assessments, as well as additional assessments in the year 2001 as provided above;



5. Consult other experts as needed;

6. Assure the regular and timely full exchange of data among the parties and the NATSACs on catch of tuna and associated species and bycatch, including dolphin mortality data, for the purposes of developing conservation and management recommendations to their governments as well as recommendations for enforcement and scientific research while not violating the confidentiality of business-confidential data;

7. Establish procedures to, *inter alia*, hold public meetings and maintain the confidentiality of business-confidential data.

Reports of the NATSACs, including of their cooperative meetings, shall be available to the parties and the public.

The NATSACs shall cooperate, through regular and timely meetings, including at a minimum in conjunction with the meetings of the IATTC, in the review of data and the status of stocks, and in the development of advice for achieving the objectives and commitments contained herein.

Promote transparency in their implementation of this Declaration, including through public participation as appropriate.

As soon as possible, the nations of the Intergovernmental Group convened under the auspices of the IATTC will initiate discussions related to formulation of a new, permanent, binding instrument.

[Robert S. Goldson]  
FOR THE GOVERNMENT OF BELIZE

[Clifford Bonilla Smith]  
FOR THE GOVERNMENT OF COLOMBIA

[Alvaro Moreno Gomez]  
FOR THE GOVERNMENT OF COSTA RICA

[Gustavo Gonzalez Cabal]  
FOR THE GOVERNMENT OF ECUADOR

[André Stell]  
FOR THE GOVERNMENT OF FRANCE

[Yolanda Rodríguez de Cwú]  
FOR THE GOVERNMENT OF HONDURAS

[Carlos Camacho]  
FOR THE GOVERNMENT OF MEXICO

[Nitzia R. de Villarreal]  
[Armando Martínez Valdés]  
FOR THE GOVERNMENT OF PANAMA

[Jésus Miranda de Larra y Onís]  
FOR THE GOVERNMENT OF SPAIN

[Brian S. Hallman]  
FOR THE GOVERNMENT OF THE  
UNITED STATES

[Anthony N. Tillett]  
FOR THE GOVERNMENT OF VANUATU

[Miriam De Venanzi]  
FOR THE GOVERNMENT OF VENEZUELA

## ANNEX I

Envisioned changes in United States law:

1. Primary and Secondary Embargoes. Effectively lifted for tuna caught in compliance with the La Jolla Agreement as formalized and modified through the processes set forth in the Panama Declaration.

2. Market Access<sup>2</sup>. Effectively opened to tuna caught in compliance with the La Jolla Agreement as formalized and modified through the processes set forth in the Panama Declaration with respect to States to include: IATTC Member States and other States that have initiated steps, in accordance with Article 5.3 of the IATTC Convention, to become members of that organization.

3. Labeling. The term “dolphin safe” may not be used for any tuna caught in the EPO by a purse seine vessel in a set in which a dolphin mortality occurred as documented by observers by weight calculation and well location.

## ANNEX II

### Appendix IV.

#### **Guiding Principles respecting relationships between States both Party and Non-Party to the Agreement**

The Parties to the Agreement incorporate into the Agreement a guiding principle that no Party shall act in a manner that assists non-parties to avoid compliance with the objectives of the Agreement.

When a coastal state that is a Party issues a license to engage in fishing in its Exclusive Economic Zone portion of the eastern Pacific Ocean (EPO), either directly or through a licensing agreement, to a vessel of a non-party, the license should be subject to the provisions of the Agreement.

The Parties should consider prohibiting persons under their jurisdiction from assisting in any way vessels of noncomplying Parties or non-parties operating in the fishery.

Any state whose vessels are conducting purse-seine tuna-fishing operations in the EPO should be invited to join the Agreement. The Parties should draw the attention of any state that is not a party to the Agreement to any activity undertaken by its nationals or vessels which, in the opinion of the Parties, affects the implementation of the objectives of the Agreement.

### Appendix V.

#### **A. Options for Action With Respect to Nations Party to the Agreement**

Diplomatic actions:

- Collective representation to the non-complying nation. This would constitute a communication emanating from plenary meeting of the participating nations after consultation with the non-complying nation.

- Diplomatic communication. Each participating nation, acting individually or in concert with other nations, would undertake a diplomatic demarche to the noncomplying nation.

Public opinion actions:

- Dissemination of information regarding the non-compliance of the nation to the public through appropriate media, *e.g.*, a press conference.

Operational restrictions:

- Denial of access to the Exclusive Economic Zones of nations party to the agreement for fishing operations by tuna fishing vessels of the non-complying nation. The scope of this action would have to be determined by the International Review Panel (IRP) by defining what constitutes a tuna-fishing vessel, *i.e.*, vessels covered by the Agreement, or other tuna-fishing vessels

<sup>2</sup>Spain maintains a reservation on point number two of the Annex “Market Access,” pending further review.

as well. This action should not restrict freedom of navigation or other rights of vessels under international law.

- Restriction of access to ports and port servicing facilities for tuna fishing vessels of the non-complying nation. This would not apply to vessels in distress.
- Refusal of logistical support and/or supplies to tuna-fishing vessels of the non-complying nation.
- Reduction of Dolphin Mortality Limits (DMLs) to all vessels of the non-complying Party by specified percentages. DMLs would be restored immediately upon a determination that the nation is in compliance.

Economic sanctions:

- Trade measures. The Working Group discussed at length trade measures against non-complying nations. These might include embargoes or other restrictions on the imports of, for example, tuna, other fish products, other marine products, or other products.
- The consideration of such measures was recognized to be an extremely delicate and evolving policy issue for which few guidelines exist in international law. The Working Group noted ongoing discussions concerning this issue in other international fora. In light of these considerations, the Working Group agreed that trade measures should receive further review by the Parties prior to making any recommendation in this respect.
- Fines (monetary penalties). The Working Group considered that the IRP should identify procedures for imposing fines, including defining the value of the fines (this could be based on a percentage of the amount of the commercial value of the catch), and the destination of the fines (*e.g.*, an international trust fund) as issues that the Parties should discuss. The Working Group noted that there apparently is no precedent for such fines.

## **B. Options for Action With Respect to Nations Not Party to the Agreement**

Diplomatic actions:

- Collective representation to the non-party. This would constitute a communication emanating from a plenary meeting of the participating nations after consultations with the non-party.
- Diplomatic communication. Each participating nation, acting individually or in concert with other nations, would undertake a diplomatic demarche to the non-party

Public opinion actions:

- Dissemination of information regarding the non-compliance of the non-party to the public through appropriate media, *e.g.*, a press conference.

Operational restrictions:

- Restriction of access to ports and port servicing facilities for tuna-fishing vessels of the non-party.
- The scope of this action would have to be determined by the IRP by defining what constitutes a tuna-fishing vessel, *i.e.*, solely vessels covered by the Agreement, or other tuna-fishing vessels as well. This action should not restrict freedom of navigation and other rights of vessels under international law, and particularly would not apply to vessels in distress.
- Refusal of logistical support and/or supplies to tuna fishing vessels of the non-party nation.
- Prohibiting nationals from assisting in any way vessels of the non-party operating in the fishery.

Economic sanctions:

- The Working Group noted that economic sanctions with respect to non-parties call into consideration all the issues raised above with respect to the imposition of such sanctions on Parties, and noted that the imposition of such sanctions with respect to non-parties involves additional complex legal considerations. The Working Group recommends that the Parties consider whether such sanctions against non-parties are an appropriate means of promoting compliance with the objectives of the Agreement and whether they are consistent with international law.

---

### DECLARACION DE PANAMA

Los gobiernos de Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, España<sup>3</sup>, Estados Unidos de América, Francia<sup>3</sup>, Honduras, México, Panamá, Vanuatu y Venezuela, reunidos en la Ciudad de Panamá, República de Panamá, el día 4 de octubre de 1995, reafirman los compromisos y objetivos del Acuerdo de La Jolla de 1) reducir progresivamente la mortalidad de delfines en las pesquerías del Océano Pacífico Oriental (OPO) a niveles cercanos a cero mediante el establecimiento de límites anuales, y 2) con el objeto de eliminar la mortalidad de delfines en dicha pesquería, buscar métodos ecológicamente razonables de capturar atunes aleta amarilla grandes no asociados con delfines.

Reconociendo los importantes compromisos adoptados por las naciones que participan en el Acuerdo de La Jolla y los éxitos obtenidos mediante la cooperación multilateral, y apoyando las acciones emprendidas por los países bajo ese Acuerdo, los gobiernos reunidos en Panamá, incluyendo aquellos que son, o han anunciado su intención de ser, miembros de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), dan a conocer su intención de formalizar, antes del 31 de enero de 1996, el Acuerdo de La Jolla como un instrumento jurídico obligatorio, que podrán suscribir todos los países ribereños del OPO, o los que cuenten con barcos pescando atún en esa región. Lo anterior será realizado a través de la adopción de una resolución obligatoria en el marco de la CIAT, o a través de algún otro instrumento jurídicamente obligatorio. La adopción, de la resolución de la CIAT o de algún otro instrumento jurídicamente obligatorio, que utilizará en la medida de lo posible la estructura actual de la CIAT, se llevará a cabo únicamente si se adoptan los cambios en la legislación de los Estados Unidos de América, tal como se describen en el Anexo I de esta Declaración. Este instrumento jurídicamente obligatorio se sumará a los objetivos y metas alcanzadas en el Acuerdo de La Jolla, los grupos de trabajo que se establecieron en él, las acciones de los gobiernos participantes de ese Acuerdo. Este instrumento jurídicamente obligatorio consistirá del Acuerdo de La Jolla, sus anexos, y las decisiones que los gobiernos bajo ese Acuerdo determinen para lograr alcanzar los objetivos y compromisos referidos en este documento.

Los gobiernos reunidos en Panamá han acordado que para concluir, adoptar e implementar este instrumento jurídicamente obligatorio, ellos:

Se comprometen a la conservación del ecosistema y al uso sustentable de los recursos marinos relacionados con la pesquería del atún en el OPO. Adoptar medidas de conservación y manejo para asegurar la sustentabilidad a largo plazo del atún y de otros recursos marinos vivos en el OPO. Tales medidas deberán basarse en la mejor evidencia científica, incluyendo aquella que se basa en la metodología precautoria, y deberá ser diseñada para mantener o restablecer la biomasa de los stocks explotados en o por encima de los niveles máximos sostenibles, y con el objetivo de mantener o restablecer la biomasa de stocks asociados, en o por encima de los niveles

<sup>3</sup> España y Francia apoyan los compromisos de esta Declaración bajo reserva, debido a la legislación en materia pesquera de la Unión Europea.

capaces de producir el máximo rendimiento sostenible. Estas medidas y metodología deberán incluir, y considerar variaciones naturales, tasas de reclutamiento, tasas de mortalidad natural, tasas de crecimiento de los stocks, tasas individuales de crecimiento, los parámetros poblacionales  $K$  y  $r$ , y la incertidumbre científica.

Se comprometen a evaluar, de acuerdo a sus posibilidades y en coordinación con la CIAT, la captura así como la pesca incidental de atunes juveniles aleta amarilla, y de otros stocks de recursos marinos vivos relacionados con la pesquería del atún en el OPO, y el establecimiento de medidas para, *inter alia*, evitar, reducir y minimizar la captura incidental de atún juvenil aleta amarilla, así como la captura incidental de las especies no objetivo, a manera de asegurar la sustentabilidad a largo plazo de todas estas especies, tomando en consideración la interrelación entre especies en el ecosistema.

Se comprometen en pleno ejercicio de su soberanía nacional, incluir y hacer cumplir lo adoptado en este instrumento en su legislación nacional y/o regulaciones, según proceda.

Adoptar medidas de cooperación para asegurar el cumplimiento con este instrumento, de acuerdo a la decisión IGM 6/93, Anexo IV, "Principios Dirigentes con respecto a Relaciones entre Naciones Partes y No Partes del Acuerdo", adoptado por los países participantes en el grupo de trabajo del Acuerdo de La Jolla en Vanuatu en junio de 1993, y avanzar lo emprendido por el Grupo de Trabajo sobre Cumplimiento, adoptado por la decisión IGM 6/93 Anexo V, "Opciones de Acción con respecto a Naciones no Partes del Acuerdo" (Anexo II).

Fortalecer por medio de este instrumento la revisión y la información en aspectos sobre el cumplimiento a lo establecido en el Acuerdo de La Jolla.

Establecer un límite anual para cada stock de entre el 0,2% y el 0,1% de la Estimación Mínima de Abundancia (EMA), (de acuerdo a la metodología utilizada por el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de los Estados Unidos o de una metodología equivalente), pero en ningún caso la mortalidad total podrá exceder a 5.000 delfines, de manera consistente con los compromisos y objetivos señalados en el preámbulo. Para el año 2001, el límite anual por stock será del 0,1% de la EMA.

Realizar en 1998 una revisión científica y evaluar los avances para alcanzar los objetivos planteados para el año 2001 y considerar recomendaciones, según proceda. Hasta el año 2000 inclusive, en caso de que la mortalidad anual exceda el 0,2% de la EMA para cualquier stock, todos los lances sobre ese stock o en cualquier cardumen mixto que contenga miembros de ese stock deberán cesar para esa temporada de pesca. A partir del año 2001, en caso que la mortalidad anual exceda el 0,1% de la EMA para cualquier stock, todos los lances sobre ese stock y en otros cardúmenes mixtos que contengan individuos de ese stock deberá cesar para esa temporada de pesca. En caso de que la mortalidad anual para los stocks de delfines "Tornillo Oriental" o del "Manchado del Noreste" exceda el 0,1% de la EMA, los gobiernos se comprometen a llevar a cabo una revisión científica, y evaluar y considerar recomendaciones adicionales.

Establecer un Límite de Mortalidad de Delfines (LMD) anual máximo por barco, que refleje los límites anuales acordados.

Establecer o fortalecer Comités Consultivos Científicos Nacionales (CCCN), o sus equivalentes, integrados por expertos calificados del sector público y privado, así como de las organizaciones no gubernamentales (ONG), que operarán de manera individual, los cuales asesorarán a sus respectivos gobiernos sobre los mecanismos que faciliten la investigación, y en la formulación de recomendaciones para alcanzar los objetivos y compromisos aquí asumidos o reforzar estructuras existentes que se diseñen de acuerdo con los requerimientos aquí establecidos. El CCCN deberá:

1. Recibir y revisar información, incluyendo la proporcionada a las autoridades nacionales por la CIAT;

2. Asesorar y recomendar a sus países medidas y acciones para conservar y administrar los stocks de los recursos marinos vivos en el OPO;

3. Hacer recomendaciones a sus respectivos gobiernos en asuntos relacionados con la investigación, incluyendo ecosistemas, prácticas pesqueras, investigación sobre tecnología pesquera, que contemple el desarrollo y uso de artes de pesca selectivas, ambientalmente apropiadas y eficientes en términos de costos, así como la coordinación y disponibilidad de dicha investigación;

4. Llevar a cabo revisiones científicas y evaluaciones para el año 1998 sobre el progreso alcanzado de acuerdo a los objetivos antes señalados para el año 2001, y hacer las recomendaciones apropiadas a sus gobiernos, así como evaluaciones adicionales como se señala anteriormente.

5. Consultar a otros expertos según sea necesario,

6. Asegurar que el intercambio de información entre las partes y los CCCN sobre la pesca del atún y especies asociadas se realice de manera sistemática y oportuna, así como sobre la pesca incidental, incluyendo la información sobre la mortalidad del delfín para desarrollar recomendaciones para la investigación científica, la conservación y la administración de dichos recursos a sus respectivos gobiernos, así como recomendaciones para hacer cumplir las medidas, mientras no se viole la confidencialidad sobre la información de las empresas,

7. Establecer medidas para, *inter alia*, llevar a cabo reuniones públicas y mantener la confidencialidad de la información de las empresas.

Los reportes de los CCCN, incluyendo los resultantes de sus reuniones, deberán estar a disposición de las Partes y del público.

Los CCCN deberán cooperar, a través de reuniones regulares y oportunas, coincidiendo cuando menos una vez con la reunión anual de la CIAT, para la revisión y evaluación de las bases de información y sobre el estado que guarden los stocks, y en la formulación de recomendaciones para alcanzar los objetivos y compromisos aquí contenidos.

Promover la transparencia en la implementación de esta Declaración incluyendo, cuando proceda, la participación pública.

Tan pronto como sea posible, las naciones del Grupo Intergubernamental, bajo los auspicios de la CIAT, iniciarán las discusiones relacionadas con la creación de un nuevo instrumento de carácter obligatorio y permanente.

[Robert S. Goldson]  
POR EL GOBIERNO DE BELICE

[Clifford Bonilla Smith]  
POR EL GOBIERNO DE COLOMBIA

[Alvaro Moreno Gómez]  
POR EL GOBIERNO DE COSTA RICA

[Gustavo Gonzalez Cabal]  
POR EL GOBIERNO DE ECUADOR

[André Stell]  
POR EL GOBIERNO DE FRANCIA

[Yolanda Rodríguez de Cwú]  
POR EL GOBIERNO DE HONDURAS

[Carlos Camacho]  
POR EL GOBIERNO DE MEXICO

[Nitizia R. de Villarreal]  
[Armando Martínez Valdés]  
POR EL GOBIERNO DE PANAMA

[Jésus Miranda de Larra y Onís]  
POR EL GOBIERNO DE ESPAÑA

[Brian S. Hallman]  
POR EL GOBIERNO DE LOS  
ESTADOS UNIDOS

[Anthony N. Tillett]  
POR EL GOBIERNO DE VANUATU

[Miriam De Venanzi]  
POR EL GOBIERNO DE VENEZUELA

## ANEXO I

Cambios previstos en la legislación de los Estados Unidos de América:

1. Embargos Primario y Secundario. Levantamiento efectivo de los embargos al atún capturado en cumplimiento con el Acuerdo de La Jolla, formalizado y modificado a través de los procesos descritos en la Declaración de Panamá.

2. Acceso al mercado<sup>4</sup>. Acceso efectivo del atún capturado en cumplimiento con el Acuerdo de La Jolla, formalizado y modificado a través de los procesos descritos en la Declaración de Panamá con respecto a los Estados que incluyen: miembros de la CIAT y a otros Estados que han iniciado el proceso de adhesión a esta organización, de conformidad con el Artículo 5.3 de la CIAT.

3. Etiquetado. El atún capturado en el OPO por embarcaciones cerqueras no podrá utilizar la etiqueta “*dolphin-safe*”, si el lance en el que ese atún es capturado registra mortalidad de delfines, de acuerdo con la información documentada por los observadores, basada en cálculos de peso y en la localización de la bodega de almacenamiento.

## ANEXO II

### Anexo IV.

#### Principios Dirigentes con respecto a relaciones entre Naciones Partes y no Partes del Acuerdo

Las Partes del Acuerdo incorporan en el mismo un principio director que ninguna Parte actuará de forma que ayude a naciones no partes a evitar cumplir con los objetivos del Acuerdo.

Cuando una nación costera parte del Acuerdo emita un licencia para pescar en la parte del Océano Pacífico oriental (OPO) abarcada por su Zona Económica Exclusiva, ya sea directamente o a través de un acuerdo de licenciación, a un barco de una nación no parte, dicha licencia debe ser sujeta a las disposiciones del Acuerdo.

Las Partes considerarán prohibir a las personas bajo su jurisdicción ayudar de cualquier forma a barcos de Partes en incumplimiento o de naciones no partes faenando en la pesquería.

Toda nación cuyos barcos estén pescando atunes con redes de cerco en el OPO deberían ser invitados a unirse al Acuerdo. Las Partes deberían llamar la atención de toda nación no parte del Acuerdo a cualquier actividad emprendida por sus nacionales o barcos que, a juicio de las Partes, afecte la ejecución de los objetivos del Acuerdo.

### Anexo V.

#### A. Opciones de Acción con respecto a Naciones Partes del Acuerdo

Acciones diplomáticas:

- Representación colectiva a la nación acusada de incumplimiento. Esto consistiría de una comunicación procedente de una reunión plenaria de las naciones participantes tras consultas con la nación en incumplimiento.

<sup>4</sup>España mantiene una reserva de espera sobre el punto 2 del Anexo “Acceso al mercado.”

- Comunicación diplomática. Cada nación participante, actuando individualmente o en concierto con otras naciones, iniciaría una gestión diplomática a la nación en incumplimiento.

Acciones de opinión pública:

- Difusión de información sobre el incumplimiento por parte de la nación al público por los medios apropiados, por ejemplo, una rueda de prensa.

Restricciones operacionales:

- Denegación de acceso a las Zona Económica Exclusiva de naciones partes del Acuerdo para operaciones de pesca por barcos atuneros de la nación en incumplimiento. El alcance de esta acción tendría que ser determinado por el Panel Internacional de Revisión (PIR) mediante la definición de un barco atunero, es decir, barcos abarcados por el Acuerdo, u otros barcos atuneros también. Esta acción no debería limitar la libertad de navegación u otros derechos de barcos bajo el derecho internacional.

- Restricción de acceso a puertos y servicios portuarios para barcos atuneros de la nación en incumplimiento. Se exceptuarían barcos en peligro.

- Denegación de apoyo logístico y/o suministros a barcos atuneros de la nación en incumplimiento.

- Reducción del Límite de Mortalidad de Delfines (LMD) de todos los barcos de la Parte en incumplimiento por un porcentaje determinado. Los LMD serían restablecidos inmediatamente al determinarse que la nación estaba en cumplimiento.

Sanciones económicas:

- Medidas comerciales. El Grupo de Trabajo discutió detalladamente medidas comerciales contra naciones en incumplimiento. Estas podrían incluir embargos u otras restricciones sobre las importaciones de (por ejemplo) atún, otros productos pesqueros, otros productos marinos, u otros productos.

• Se reconoció que la cuestión de medidas de este tipo es altamente delicada que está todavía en desarrollo y para la cual existen pocas pautas en el derecho internacional. El Grupo de Trabajo notó que se está discutiendo el tema en la actualidad en otros foros internacionales. En vista de estas consideraciones, el Grupo de Trabajo acordó que las medidas comerciales deberían ser consideradas más detalladamente por las Partes antes de formar recomendaciones al respecto.

- Multas. El Grupo de Trabajo consideró que el PIR debería identificar procedimientos para la imposición de multas, incluyendo la definición del nivel de las multas (que podría basarse en un porcentaje del valor comercial de la captura), y el destino de las multas (por ejemplo, un fondo internacional de fideicomiso), como temas que las Partes deberían discutir. Notó que aparentemente no existe ningún precedente para multas de este tipo.

## **B. Opciones de Acción con respecto a Naciones no Partes del Acuerdo**

Acciones diplomáticas:

- Representación colectiva a la nación no parte. Esto consistiría de una comunicación procedente de una reunión plenaria de las naciones participantes tras consultas con la nación no parte.

- Comunicación diplomática. Cada nación participante, actuando individualmente o en concierto con otras naciones, iniciaría una gestión diplomática a la nación no parte.

Acciones de opinión pública:

- Difusión de información sobre el incumplimiento por parte de la nación al público por los medios apropiados, por ejemplo, una rueda de prensa.



#### Restricciones operacionales:

- Restricción de acceso a los puertos y servicios portuarios por barcos atuneros de la nación no parte. El alcance de esta acción tendría que ser determinado por el PIR mediante la definición de un barco atunero, es decir, barcos abarcados por el Acuerdo, u otros barcos atuneros también. Esta acción no debería limitar la libertad de navegación u otros derechos de barcos bajo el derecho internacional, y particularmente se exceptuarían barcos en peligro.

- Denegación de apoyo logístico y/o suministros a barcos atuneros de la nación en incumplimiento.

- Prohibición a los nacionales de ayudar de cualquier forma a los barcos de la nación no parte faenando en la pesquería.

#### Sanciones económicas

- El Grupo de Trabajo notó que sanciones económicas contra naciones no partes dan lugar a las mismas consideraciones arriba detalladas con respecto a la imposición de sanciones sobre las naciones partes del Acuerdo, y notó que la imposición de sanciones de este tipo sobre naciones no partes del Acuerdo comprende consideraciones legales complejas adicionales. El Grupo de Trabajo recomienda que las Partes consideren si sanciones contra naciones no partes son un método apropiado de fomentar el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo y si son consistentes con el derecho internacional.

## APPENDIX 4—ANEXO 4

**DECLARATION ON STRENGTHENING THE OBJECTIVES AND  
OPERATION OF THE CONVENTION ESTABLISHING THE  
INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**

The Governments of Belize, Colombia, Costa Rica, Ecuador, United States of America, Honduras, Mexico, Panama, Vanuatu and Venezuela, meeting in the Panama City, Republic of Panama on October 4, 1995 express the need to initiate, as soon as possible, under the auspices of the IATTC, in light of the commitments and objectives of the “Panama Declaration”, negotiations for the formulation of a new binding instrument under the following principles, *inter alia*:

- a) Incorporation of the principles of the Law of the Sea as reflected in the United Nations Convention on the Law of the Sea, 1982, in particular, the rights and obligations related to the conservation and management of living marine resources as recognized in that Convention;
- b) Interpretation and application in a manner consistent with the relevant provisions of the Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 Relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks;
- c) Operation of the tuna fishery of the EPO shall be managed consistent with the concepts of sustainable development and the ecosystem approach; in particular, to adopt measures based on the best scientific evidence available, for the conservation and sustainable use of the tuna species;
- d) Incorporation of measures to ensure the long-term protection of dolphins;
- e) Incorporation of democratic decision-making processes in order to ensure the conservation and sustainable use of the regulated species;
- f) Adoption of a new equitable system of allocating financial contributions;
- g) Development of mechanisms for enhanced public participation and transparency, according to procedures to be adopted for such purpose; and
- h) Promotion of international cooperation in order to foster the development of national research capabilities on ecosystems, fishing practices, and gear technology.

---

**DECLARACION SOBRE EL FORTALECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS Y  
OPERACION DE LA CONVENCION QUE ESTABLECE LA  
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**

Los Gobiernos de Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos de América, Honduras, México, Panamá, Vanuatu y Venezuela, reunidos en la Ciudad de Panamá, Republica de Panamá, el día 4 de octubre de 1995, expresan la necesidad de iniciar negociaciones, tan pronto como sea posible, bajo los auspicios de la CIAT, a la luz de los compromisos y objetivos de la “Declaración de Panamá”, para formular un nuevo instrumento jurídico bajo los siguientes principios, *inter alia*:

- a) Incorporación de los principios del Derecho del Mar, tal como se refleja en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982, en particular los derechos y obligaciones relacionados con la conservación y administración de los recursos marinos vivos, como se reconoce en dicha Convención;

- b) Interpretación y aplicación de manera consistente con las disposiciones pertinentes del Acuerdo sobre la Aplicación de las Disposiciones de la Convención de 1982 Relativas a la Conservación y Ordenación de las Poblaciones de Peces Transzonales y las Poblaciones de Peces Altamente Migratorias;
- c) La pesquería del atún en el OPO debe ser administrada de manera consistente con los conceptos de desarrollo sustentable y enfoque de ecosistemas, en particular, adoptar medidas basadas en la mejor evidencia científica disponible para la conservación y el uso sustentable de las especies de túnidos;
- d) Incorporación de medidas para asegurar la protección a largo plazo de los delfines;
- e) Incorporación de un proceso democrático de toma de decisiones para asegurar la conservación y el uso sustentable de las especies reguladas;
- f) Adopción de un nuevo sistema equitativo para la asignación de contribuciones financieras;
- g) Desarrollo de los mecanismos para fortalecer la participación pública y la transparencia de acuerdo con procedimientos establecidos para tal efecto, y
- h) Promoción de la cooperación internacional con el objeto de impulsar el desarrollo de la capacidad nacional de investigación nacional en ecosistemas, prácticas de pesca y tecnologías en artes de pesca.

# APPENDIX 5—ANEXO 5

## INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL Statement of Assets, Liabilities, and Fund Balances, September 30, 1995 Declaración de Activo, Pasivo, y Balances de los Fondos, 30 de septiembre de 1995

<i>Assets—Activo</i>	
Current assets—Activo circulante	
Cash and cash equivalents—Efectivo y equivalentes	\$ 588,137
Investments (market value of \$119,531)—Inversiones (valor comercial de \$119,531)	30,000
Accounts receivable—Cuentas por cobrar	8,886
Employee advances—Anticipos a los empleados	243,502
Deposits—Depósitos	<u>7,021</u>
Total current assets—Activo total circulante	877,546
Real property, at cost—Propiedad raíz, al costo	<u>325,775</u>
	<u>\$ 1,203,321</u>
<i>Liabilities and fund balances—Pasivo y balances de los fondos</i>	
Current liabilities (accrued expenses and other liabilities)—Pasivo circulante (costos acumulados y otros pasivos)	
	331,890
Fund balances—Balances de los fondos	
General fund—Fondo general	545,656
Real property fund—Fondo propiedad raíz	325,775
Total fund balances—Balances totales de los fondos	<u>871,431</u>
	<u>\$ 1,203,321</u>

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statements of Revenues and Expenses for the Fiscal Year Ended September 30, 1995—**  
**Declaración de Ingresos y Gastos Correspondiente al Año Fiscal finalizado el 30 de septiembre de 1995**

*Revenue—Ingreso*

Government contributions for joint expenditures—Aportes de los gobiernos a los gastos combinados	
United States of America—Estados Unidos de América	\$ 2,950,000
Japan—Japón	248,206
France—Francia	27,819
Panama—Panamá	500
Vanuatu	500
Costa Rica	-
Nicaragua	-
Venezuela	-
Total government contributions—Total de aportes por los gobiernos	3,227,025
Contract revenues—Ingresos por contrato*	1,013,959
Interest income—Ingresos por intereses	17,096
Other revenues—Otros ingresos	13,229
Total revenues—Ingresos totales	4,271,309

*Expenditures—Gastos*

Salaries—Sueldos	2,043,360
Observer costs—Gastos para los observadores	930,266
Contract expenditures—Gastos para los contratos	387,709
Employee benefits—Beneficios laborales	380,101
Materials and supplies—Materiales y suministros	210,128
Travel—Viajes	265,830
Rent and utilities—Alquiler y servicios públicos	99,105
Printing and postage—Imprenta y franqueo	58,793
Insurance and taxes—Seguros e impuestos	22,376
Legal and professional—Legales y profesionales	18,285
Miscellaneous—Misceláneos	18,966
Total expenditures—Gastos totales	4,434,919*
Excess of expenditures over revenue—Exceso de gastos sobre ingreso	\$ (163,610)

\* includes \$997,959 in fees collected from owners of fishing vessels carrying observers—incluye \$997,959 en cuotas recibidas de armadores de barcos que llevan observadores

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statements of Changes in Fund Balances for the Fiscal Year Ended September 30, 1995—**  
**Declaración de Cambios en el Balance de los Fondos Correspondiente al Año Fiscal finalizado el 30 de septiembre de 1995**

	<b>General fund— Fondo general</b>	<b>Real property fund— Fondo propiedad raíz</b>	<b>Total</b>
Balance at September 30, 1993 Balance hasta el 30 de septiembre de 1993	\$1,120,766	325,775	1,446,541
Excess of expenditures over revenue Exceso de gastos sobre ingreso	(411,500)	-	(411,500)
Balance at September 30, 1994 Balance al 30 de septiembre de 1994	\$ 709,266	325,775	1,035,041
Excess of expenditures over revenue Exceso de gastos sobre ingreso	(163,610)	-	(163,610)
Balance at September 30, 1995	\$ 545,656	325,775	871,431

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statement of Cash Flows for the Fiscal Year Ended September 30, 1995—**  
**Declaración de Flujos de Fondos Correspondiente al Año Fiscal finalizado el 30 de septiembre de 1995**

Excess of expenditures over revenue—Exceso de gastos sobre ingreso	\$ (163,610 )
Adjustments to reconcile deficiency of revenues over expenditures to net cash used in operating activities—Ajustes para reconciliar deficiencia de ingresos sobre gastos con efectivo neto usado en actividades de operación:	
Decrease in accounts receivable—Reducción en cuentas por cobrar	184
Decrease in employee advances—Reducción en anticipos a los empleados	7,672
Decrease in accrued expenses and other liabilities—Reducción en gastos acumulados y otro pasivo	<u>(79,959 )</u>
Net cash used in operating activities—Efectivo neto usado en actividades de operación	(235,713 )
Cash and cash equivalents at beginning of year—Efectivo y equivalentes al principio de año	<u>823,850</u>
Cash and cash equivalents at end of year—Efectivo y equivalentes al fin de año	<u>\$ 588,137</u>

Schedule of Expenditures by Project Programa de Gastos por Proyecto		
	Fiscal year ending September 30, 1995 (actual) Año fiscal finalizado el 30 de septiembre de 1995 (reales)	Fiscal year ending September 30, 1996 (recommended) Año fiscal finalizado el 30 de septiembre de 1996 (recomendados)
Administrative costs and other costs jointly chargeable to all projects— Gastos administrativos y otros gastos asignados en conjunto a todos los proyectos	\$266,505	\$349,540
Collection, compilation, and analysis of catch statistics and logbook data— Recolección, compilación, y análisis de las estadísticas de captura y datos de bitacora	579,862	723,037
Investigations of the biology, life history, vital statistics, population structure, and behavior of tunas and billfishes—Investigación de la biología, estadísticas y ciclo vital, estructura de las poblaciones, y comportamiento de los atunes y peces picudos	1,209,798	1,725,063
Investigations of the oceanic circulation and other aspects of chemical and biological oceanography and their relationship to populations of tunas and billfishes—Investigación de la circulación oceánica y do otros aspectos de la oceanografía química y biológica, y su relación con la poblaciones de atunes y peces picudos	24,973	84,641
Tuna tagging and recovery to study migrations, rates of intermingling of stocks, mortality, and growth—Marcado y recaptura de atunes para estudiar las migraciones, las tasas de entremezcla de los stocks, la mortalidad, y el crecimiento	105,545	143,912
Tuna-dolphin program—Programa atún-delfín	1,250,277	1,840,574
Total	3,436,960	4,866,767
International Dolphin Conservation Program—Programa Internacional de Conservación de Delfines	997,959	1,110,328
Grand total	4,434,919	5,977,095



## APPENDIX 6—ANEXO 6

CONTRIBUTIONS BY IATTC STAFF MEMBERS PUBLISHED DURING 1995  
CONTRIBUCIONES POR PERSONAL DE CIAT PUBLICADAS DURANTE 1995

## Annual report—Informe anual

## 1994

## Outside journals—Revistas externas

- Hilborn, Ray, John Skalski, Alejandro Anganuzzi, and Annette Hoffman. 1995. Movements of juvenile halibut in IPHC Regulatory Areas 2 and 3. *Inter. Pacif. Halibut Comm., Tech. Rep.*, 34: 44 pp.
- Graves, J. E., and J. R. McDowell. 1995. Inter-ocean genetic divergence of istiophorid billfishes. *Mar. Biol.*, 122 (2): 193-203.
- Prince, Eric D., Dennis W. Lee, Jose L. Cort, Gordon A. McFarlane, and Alex Wild. 1995. Age validation evidence for two tag-recaptured Atlantic albacore, *Thunnus alalunga*, based on dorsal, anal, and pectoral finrays, vertebrae, and otoliths. In David H. Secor, John M. Dean, and Steven E. Campana (editors), *Recent Developments in Fish Otolith Research*. Univ. South Carolina Press: 375-396.
- Parker, Kenneth S., Thomas C. Royer, and Richard B. Deriso. 1995. High-latitude climate forcing and tidal mixing by the 18.6-year lunar nodal cycle and low-frequency recruitment trends in Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*). In R. J. Beamish (editor), *Climate Change and Northern Fish Populations*, *Canad. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 121: 447-549.
- Hall, Martín A. 1995. Ecological impacts of fishing operations: assessment and mitigation in the eastern Pacific tuna-dolphin interaction. *Europ. Cetacean Soc., Eighth Ann. Conf.*, 42-46.
- Wild, Alex, Jeanne B. Wexler, and Terry J. Foreman. 1995. Extended studies of increment deposition rates in otoliths of yellowfin and skipjack tunas. *Bull. Mar. Sci.*, 57 (2): 555-562.
- Sayigh, Laela S., Peter L. Tyack, Randall S. Wells, Michael D. Scott, and A. Blair Irvine. 1995. Sex difference in signature whistle production of free-ranging bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 36 (3): 171-177.
- Lennert, C., and M. A. Hall. 1995. Estimates of incidental mortality of dolphins in the eastern Pacific Ocean tuna fishery in 1993. *Inter. Whaling Comm., Rep.*, 45: 387-390.
- Hall, Martín A. 1995. Strategies to reduce the incidental capture of marine mammals and other species in fisheries. *Develop. Mar. Biol.*, 4: 537-544.
- Hall, Martín A. 1995. Bycatches in purse-seine fisheries. Univ. British Columbia, Fish. Centre, Res. Rep., 2 (1): 53-58.
- Hall, Martín A. 1995. A classification of bycatch problems and some approaches to their solutions. Univ. British Columbia, Fish. Centre, Res. Rep., 2 (1): 65-74.
- Childers, John, and Forrest R. Miller. 1995. Summary of the 1994 U.S. north and south Pacific albacore troll fisheries. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep., LJ-95-15: iv, 57 pp.
- Mate, Bruce R., Kelley A. Rossbach, Sharon L. Nieukirk, Randall S. Wells, A. Blair Irvine,

- Michael D. Scott, and Andrew J. Read. 1995. Sattelite-monitored movements and dive behavior of a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in Tampa Bay, Florida. Mar. Mammal Sci., 11 (4): 452-463.
- Tolley, K. A., A. J. Read, R. S. Wells, K. W. Urian, M. D. Scott, A. B. Irvine, and A. A. Hohn. 1995. Sexual dimorphism in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from Sarasota, Florida. Jour. Mammal., 76 (4): 1190-1198.
- Scott, Michael. 1995. Dolphin mortality takes a plunge. The Pilot, 13: 6.
- Joseph, James. 1995. Summing up—tuna in the 21st century. INFOFISH International, 6/95: 14-15.



